



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PROGRAMA PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**BALANÇO DE MACROMINERAIS, FUNÇÃO RENAL E METABÓLITOS  
SANGUÍNEOS EM OVINOS ALIMENTADOS COM PALMA ORELHA-DE-  
ELEFANTE MEXICANA (*Opuntia stricta* Haw)**

**MÁRCIA PEREIRA DA SILVA**

**AREIA - PB**  
**MARÇO – 2018**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PROGRAMA PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**BALANÇO DE MACROMINERAIS, FUNÇÃO RENAL E METABÓLITOS  
SANGUÍNEOS EM OVINOS ALIMENTADOS COM PALMA ORELHA-DE-  
ELEFANTE MEXICANA (*Opuntia stricta* Haw)**

**MÁRCIA PEREIRA DA SILVA**  
*Zootecnista*

**AREIA - PB**  
**MARÇO – 2018**

MÁRCIA PEREIRA DA SILVA

**BALANÇO DE MACROMINERAIS, FUNÇÃO RENAL E METABÓLITOS  
SANGUÍNEOS EM OVINOS ALIMENTADOS COM PALMA ORELHA-DE-  
ELEFANTE MEXICANA (*Opuntia stricta* Haw)**

Dissertação apresentada ao  
programa de Pós-Graduação em  
Zootecnia da Universidade Federal  
da Paraíba, Centro de Ciências  
Agrárias – Areia-PB, como  
requerimento parcial para obtenção  
do título de mestre em Zootecnia.

Área de Concentração: Nutrição Animal

**Comitê de Orientação:**

Prof. Dr. Ariosvaldo Nunes de Medeiros- Orientador Principal

Prof. Dra. Ângela Maria Vieira Batista

Prof. Dr. Francisco Fernando Ramos de Carvalho

**AREIA - PB**  
**MARÇO – 2018**

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

S586b Silva, Márcia Pereira da.

Balanço de macrominerais, função renal e metabólitos  
sanguíneos em ovinos alimentados com palma  
orelha-de-elefante mexicana (*Opuntia stricta* Haw) /  
Márcia Pereira da Silva. - Areia, 2018.  
72 f. : il.

Orientação: Ariosvaldo Nunes de Medeiros.

Coorientação: Ângela Maria Vieira Batista, Francisco  
Fernando Ramos de Carvalho.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA.

1. Zootecnia. 2. Nutrição animal. 3. Capim Buffel -  
Substituição. 4. Ovinos - Alimentação. 5. Palma -  
Orelha-de-elefante mexicana. I. Medeiros, Ariosvaldo  
Nunes de. II. Batista, Ângela Maria Vieira. III.  
Carvalho, Francisco Fernando Ramos de. IV. Título.

UFPB/BC



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA  
PARECER DE DEFESA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

**TÍTULO:** "BALANÇO DE MACROMINERAIS, FUNÇÃO RENAL E METABOLITOS SANGÜÍNEOS EM OVINOS ALIMENTADOS COM PALMA ORELHA- DE-ELEFANTE MEXICANA (*Opuntia stricta* Haw)"

**AUTOR:** Marcia Pereira da Silva

**ORIENTADOR:** Ariosvaldo Nunes de Medeiros

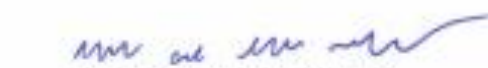
**JULGAMENTO**

**CONCEITO: APROVADO**

**EXAMINADORES:**

  
Prof. Dr. Ariosvaldo Nunes de Medeiros  
Presidente  
Universidade Federal da Paraíba

  
Prof. Dra. Sara Vilar Dantas Simões  
Examinadora  
Universidade Federal da Paraíba

  
Prof. Dr. Michel do Vale Maciel  
Examinador  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Areia, 16 de março de 2018

## **BIOGRAFIA DA AUTORA**

MÁRCIA PEREIRA DA SILVA, nascida em 07 de maio de 1993, filha de Francisca Pereira da Silva e Benedito Remígio da Silva, natural de OEIRAS-PI. Em Março de 2011 iniciou o curso de Bacharelado em Zootecnia na Universidade Federal do Piauí – UFPI, atuando durante o curso como estagiária no setor de Caprinos e Ovinos e bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq/UFPI), voltando suas atividades para as áreas de produção e nutrição de ruminantes, com ênfase em conservação e avaliação de alimentos concluindo-o em Agosto de 2015. Em março de 2016, iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia no Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Área de concentração em Nutrição Animal - Ruminante, na Universidade Federal da Paraíba – UFPB, concluindo-o em Março de 2018. Em março de 2018 foi aprovada para ingresso no Programa de Doutorado em Zootecnia, na Universidade Federal da Bahia (PPGZ/UFBA).

“É um bom exercício para um pesquisador livrar-se de uma hipótese favorita todo dia,  
antes do café da manhã. Isso o manterá jovem.”

**Konrad-lorenz**

“A satisfação está no esforço e não apenas na realização final.”

**Mahatma Gandhi**

“Esforça-te, e tem bom ânimo;  
não pases, nem te espantes;

Porque o Senhor teu Deus é contigo, por onde quer que andares.”

**Josué 1: 9**

“A Deus, meu amigo de todas as horas, toda honra e glória seja dada a ele,  
Aos meus pais Francisca Pereira da Silva e Benedito Remígio da Silva, pelo exemplo de  
vida, amor e dedicação, a minha filha Maysa Gabrielly Pereira Lima, minha maior razão  
de viver, ao meu sobrinho Elison Bruno da Silva Venâncio, minha fonte de ternura e  
paz, aos meus irmãos, Marcelino, Fabiana e José Neto, pelo apoio e incentivo e ao meu  
amado namorado José Hilton Albuquerque por todo amor a mim ofertado.”

***Dedico!***



Ao meu amado irmão **Marcelino Pereira da Silva**, em quem encontro incentivo para prosseguir nesta jornada...

À minha mãe, **Francisca Pereira da Silva**, por estar ao meu lado, não importa as circunstâncias, pois tem amor verdadeiro por mim, pelas mãos entrelaçadas na minha, doando-me confiança, na certeza de estar indo por caminhos seguros e na certeza de que terei sempre amparo caso eu tropece.

***Ofereço!***

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me mostrar que sou protegida, guiada e iluminada pela sua presença divina no mais íntimo do meu ser.

Aos meus pais, Francisca Pereira da Silva e Benedito Remígio da Silva, pelos ensinamentos, surras, sermões, caminhada, lida, luta e pelos exemplos. Eles são valiosíssimos! Aprendi com vocês a ter coragem, a não desanimar, a buscar pelos meus sonhos. Obrigado!

Aos meus irmãos Marcelino P. Silva, Fabiana P. Silva e José neto P. Silva, Obrigada por vocês existirem e por ser quem são: mais que apenas irmãos biológicos. Obrigada pela dedicação, pela amizade, pelo companheirismo, tenho orgulho de ser irmã de vocês.

A minha filha Maysa Gabrielly Pereira Lima e Elison Bruno da Silva Venâncio meu sobrinho a quem tenho como filho, por serem minhas fontes de paz e ternura. Amo vocês!

Ao meu namorado e amigo José Hilton Albuquerque, por toda paciência, compreensão, carinho, amor e companheirismo. Dizer obrigada, às vezes, não é suficiente para agradecer a tão amável e gentil pessoa que nos momentos das nossas vidas, aqueles mais difíceis, nos estende a mão amiga e nos oferece amparo.

À Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela realização do curso de Mestrado, oportunidade de crescer e aprimorar meus conhecimentos.

Sou grata e honrada pelos professores que tive no mestrado, Dr. Péricles de Farias Borges, Dr. Lázaro de Souto Araújo, Dr<sup>a</sup>. Juliana Silva de Oliveira, Dr<sup>a</sup>. Maria Lindomárcia Leonardo da Costa, Dr. Héctor Mario Andrade-Montemayor, Dr. Albericio pereira Andrade e Dr. Edgard Cavalcanti Pimenta Filho, pelas disciplinas ministradas que usarei na vida e outras lições que não estavam incluídas nos livros e artigos. Pelos ensinamentos que colhi e pela certeza da contribuição árdua desses profissionais para mudanças significativas na educação e progresso do nosso País.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Nesses dois de mestrado, de muito estudo, esforço e empenho, quero agradecer a algumas pessoas que me acompanharam e foram fundamentais para a realização da pesquisa.

Ao professor orientador Dr. Ariosvaldo Nunes de Medeiros, obrigada pela dedicação, e principalmente por ter acreditado e depositado sua confiança em mim ao longo desses dois anos de trabalho. Obrigada a sua família por me receber de portas abertas em sua casa e por proporcionar momentos de alegria e bençãos.

Um obrigado especial à professora Dr<sup>a</sup>. Ângela Maria Vieira Batista e ao professor Dr. Francisco Fernando Ramos de Carvalho, pela disponibilidade sempre em que os procurei e por todo ensinamento proporcionado.

À banca examinadora, Profa. Dr. Sara Vilar Dantas Simões e Dr. Michel Vale Maciel, pelas contribuições na defesa.

A Alenice Ozino Ramos, que foi pra mim amiga e irmã, a qual me passou ensinamentos valiosos, profissional e pessoal. Sou grata a ti Alê, por todos os momentos que estive ali do meu lado, nos estudos, nos desabafos, nos perrengues e nas baladas, pelas palavras certas na hora certa. Sobretudo por sua dedicação, que a fez muitas vezes, deixar de lado os seus momentos de descanso para me ajudar e me orientar. Obrigada a família Ozino por me receber e me agregar à família, sou eternamente grata a vocês, por me proporcionarem momentos tão felizes.

Ao meu Amigo Romildo Neves e sua família por todo o carinho a mim dedicado. Romildinho continue sendo essa pessoa maravilhosa e lembre-se que aqui tem uma pessoa que muito adora você!

A minha maninha Luana Magna (lu) e a sua família, foi amor à primeira vista e só fez crescer a cada dia, obrigada pelo companheirismo em todas as madrugadas lu. Que seu futuro permita que você alcance todos os seus sonhos. Muita paz e amor é o meu sincero desejo para sua vida. Jamais esquecerei tudo o que você fez por mim. Nossa amizade é um verdadeiro privilégio que eu quero continuar a estimar. Tu é um presente de Deus em minha vida!

A Juraci Marcos, Laís Barreto e Pingo (meu pequeno príncipe), família linda e abençoada a quem eu tive a oportunidade de conhecer e conviver durante esses anos.

A minha companheira de experimento e de luta Cintia Mirely, por todo apoio, pela disponibilidade, durante todas as etapas desse processo de aprendizagem, por dividir comigo algo que fazia parte do seu sonho. Meu muito obrigado!

Às minhas amigas Francinilda Sousa, Amanda Leal Alma Violeta, Beatriz Dantas, Nathalia Oliveira, pelas palavras de coragem e carinho, tive a sorte de encontrar vocês na minha caminhada.

Aos meus amigos Rafael Lopes e Felipe José, meus irmãos e parceiros da vida acadêmica e das farras. Conviver com vocês diariamente foi importante para chegar até aqui. Quero que saibam que eu desejo que suas vidas sejam abençoadas por vibrações de paz e amor. Jamais esquecerei os momentos que convivi com vocês e saibam que sempre poderão contar comigo.

Aos PIBICs, PIVIC, estagiários e amigos, Natalia Livia, Lavínia Soares, Karina Lizandra, Gabrielle Santos, José Eduardo, Geni Caetano, Gabriella Cavalcanti, Adailma Moura, Guilherme Medeiros e Pedro Henrique Borba, meus meninos, obrigada pelo carinho a mim oferecido.

A Evaldo de Almeida, pela amizade e carinho, por não medir esforço a me ajudar minha eterna gratidão!

A senhor J. Sales e sua família, pelo carinho e afeto, sua ajuda e apoio foram muito importantes para mim, nunca vou esquecer tudo que você fez por mim.

Aos funcionários do setor de caprino Boi e Paulo, por todo o apoio, sempre que precisei, tenho um carinho enorme por vocês. Paulo, em especial pelas conversas, durante as viagens, por escutar minhas lamentações, por me dar conselhos, por escutar e cantar comigo, pois sei que não é fácil, rsrs. Obrigada!

Agradeço aos funcionários do laboratório de nutrição animal da UFPB, *Campus* II, Antônio Duelo, José Sales, Antônio Costa. Pelo apoio durante as análises química bromatológica.

Ao Laboratório de nutrição animal da UFPB-Campus III em nome do Professor Dr. Humberto Vilar e o técnico Reutman, pelo apoio nas análises de macrominerais.

O Laboratório de Cromatografia e Espectrofotometria de Absorção Atômica - LaCEAA, da UFPB, *Campus* III em nome do Professor Dr. Leonardo Augusto Fonseca e os técnicos José e Walquiria, também pelo apoio nas análises de macrominerais.

Ao Laboratório de doenças metabólicas e nutricionais em ruminantes (DMNR/UFRPE) em nome do Professor Dr. Pierre Castro, do técnico Cleyton Charles Dantas e a mestranda Rebeka Menezes, pelo apoio nas análises.

Ao Centro de Apoio à Pesquisa (CENAPESQ), principalmente a Patricia Santana, José Júlio Ferreira, Marcelo Correia e Adriana pelo apoio com as análises de minerais realizadas em Recife-PE.

A minha turma do mestrado 2016.1. Elton, Larissa, Thiago, Jonathan, Angélica, Aelson (Bem 10), David, Josinaldo, Erick, Magno, Carol, Samirys, Tafnes, Gessica, Jéssica, Wendel, Diego e Hactus. Meninos vocês foram os melhores, vivi com vocês momentos incríveis, desde as risadas aos aperreios de cada disciplina, foi um prazer está com vocês!

Aos meus amigos Jonathan Madson e Angélica Soares, com quem vive momentos difíceis de aperreios diários e momentos felizes. Por todo carinho a mim ofertado. Amizade que levarei pra vida!

A minha amiga Maylane Brito (mofi), que chegou à minha vida do nada, e criou uma parceria forte.

A meu amigo e primo José Vicente (Nego), por todo o incentivo e apoio. Você se tornou mais do que um "simples" primo, e em você eu tenho um grande irmão, ou até mesmo um grande amigo.

As secretarias e amigas maravilhosas Graças de Medeiros (minha Best) e Mayara Araujo, cada uma com suas qualidades e com sua simpatia. Meninas sou grata a vocês por todas as vezes que estavam lá prontas a me ajudar, por me aturar horas e horas com as minhas conversas longas e loucas. Pelo carinho e dedicação a mim, meu muito obrigado por tudo.

Aos amigos Jasiel, Leonardo, Karina, Dayana, Brendow, Jefferson, Daniel, Tomas, Andreza e Michel, de Recife pra vida, pelo apoio e companheirismo na minha temporada em Recife, foi bom compartilhar essa minha experiência com vocês.

Quero também agradecer aos meus mestres da UFPI/CPCE, Professora Dr. Jacira Torreão e Professor Dr. Carlo Aldrovandi Torreão, os primeiros que me deram oportunidade no mundo acadêmico e a me incentivar no caminho da pesquisa científica, um exemplo de pesquisadores e ser humanos.

Aos amigos que lá deixei (Oeiras e Bom Jesus, PI), pelo apoio mesmo com a distância física, mas sempre dando um jeitinho de demonstrar o carinho e a preocupação por mim.

Aos animais, todo meu respeito por cada vida e momentos dedicados a pesquisa.

A todas as pessoas que de uma alguma forma me ajudaram a acreditar em mim, na minha luta, eu quero deixar um agradecimento eterno, porque sem elas não teria sido possível. Meu muito obrigado!

*Deus abençoe vocês*

*E me abençoe também*

*Dando-me a alegria de tê-los por muito tempo ainda.*

*Adoro vocês!*

## SUMÁRIO

	Página
<i>Lista de tabelas</i> .....	xv
<i>Resumo</i> .....	xvi
<i>Abstract</i> .....	xvii
<b>1. Introdução</b> .....	18
<b>2. Referencial teórico</b> .....	19
2.1 Palma forrageira e feno de Buffel na alimentação de ruminantes .....	19
2.1.1 Composição química da palma Orelha-de-Elefante mexicana.....	20
2.1.2 Balanço hídrico de ovinos alimentados com palma forrageira .....	21
2.1.3 Metabolismo do oxalato em ruminantes .....	23
2.2 Balanço de macrominerais em ovinos alimentados com palma forrageira ...	25
2.2.1 Cálcio (Ca), Fósforo (P) e Magnésio (Mg) .....	26
2.2.2 Sódio (Na) e Potássio (K) .....	29
2.3 Perfil sanguíneo: Ferramenta de análise metabólica e nutricional .....	31
2.4 Função renal de ovinos alimentados com palma forrageira .....	33
<b>3. Material e métodos</b> .....	36
3.1 Local do experimento e animais .....	36
3.2 Dietas experimentais e manejo alimentar .....	36
3.3 Análises bromatológicas.....	39
3.4 Análise de oxalato .....	39
3.5 Determinação do balanço de macrominerais .....	39
3.6 Determinação do balanço hídrico .....	41
3.7 Determinação do perfil sanguíneo .....	41
3.8 Determinação da função renal .....	42
3.9 Análise estatística .....	43
<b>4. Resultados</b> .....	44
<b>5. Discussão</b> .....	46
5.1 Consumo de oxalato e balanço de macrominerais .....	46
5.2 Balanço hídrico e volume urinário .....	49
5.3 Perfil sanguíneo .....	52
5.4 Função renal .....	54
<b>6. Conclusão</b> .....	57

7. Referência..... 58

## LISTA DE TABELAS

	<b>Página</b>
Tabela 1- Composição química da palma Orelha-de-Elefante mexicana.....	21
Tabela 2- Composição macromineral da palma forrageira variedade <i>Opuntia ssp.</i> .....	31
Tabela 3 - Composição química dos ingredientes das dietas experimentais..	37
Tabela 4 - Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais.....	38
Tabela 5 - Balanço de macrominerais em ovinos alimentados com palma Orelha-de-Elefante mexicana em substituição parcial ao feno de Buffel.....	47
Tabela 6 - Balanço hídrico em ovinos, alimentados com palma Orelha-de-Elefante mexicana em substituição ao feno de Buffel.....	50
Tabela 7 - Volume urinário de ovinos alimentados com palma Orelha-de-Elefante mexicana em substituição ao feno de Buffel.....	51
Tabela 8 - Metabolismo energético, proteico, mineral e atividade enzimática de ovinos alimentados com palma Orelha-de-Elefante mexicana em substituição ao feno de Buffel.....	53
Tabela 9 - Concentração urinária de creatinina, ureia e minerais, índice de excreção urinária e fracional de ureia e minerais em ovinos alimentados com palma Orelha-de-Elefante mexicana em substituição ao feno de Buffel.....	55



**BALANÇO DE MACROMINERAIS, FUNÇÃO RENAL E METABÓLITOS SANGUÍNEOS EM OVINOS ALIMENTADOS COM PALMA ORELHA-DE-ELEFANTE MEXICANA (*Opuntia stricta* Haw)**

**RESUMO**

O estudo em questão tem por objetivo avaliar o efeito da substituição do feno de capim Buffel por palma Orelha-de-Elefante mexicana (*Opuntia stricta* Haw) sobre o balanço de macrominerais, função renal e metabólitos sanguíneos em ovinos. Para tanto, foram utilizados 5 ovinos da raça Santa Inês, adultos, castrados e canulados no rúmen, pesando, em torno, de  $61,5 \pm 9,5$  Kg, distribuídos em delineamento quadrado latino 5x5, por 60 dias, divididos em 5 período de 12 dias. Os animais foram alimentados com cinco dietas compostas pela inclusão da palma Orelha-de-Elefante mexicana em substituição ao feno de capim Buffel, nos níveis 0, 121, 245, 371 e 500 g/kg. Avaliou-se o balanço de macrominerais, função renal e metabólitos sanguíneos. O consumo de oxalato, Ca, P, Mg, K e Na aumentaram linearmente com o acréscimo no nível de palma. Houve um aumento na excreção urinária de Na e K de 0,363 e 1,102 (g/dia), respectivamente, com o acréscimo dos níveis de palma na dieta. A ingestão voluntária de água pelos animais diminuiu linearmente, enquanto que a ingestão via dieta e total de água aumentou linearmente com os níveis de palma na dieta. Os teores sanguíneos de colesterol, albumina e creatinina nos animais mantiveram-se abaixo dos valores referência em todos os tratamentos. A concentração sanguínea de Ca, P e K não foram influenciadas pelos níveis de palma na dieta, com média de 2,13 mmol/L, 1,48 mmol/L e 3,38mEq/L, respectivamente. A palma Orelha-de-Elefante pode substituir o feno de capim Buffel em até 500 g/kg de MS na dieta sem alterar o balanço de macrominerais, perfil sanguíneo e a função renal de ovinos.

**Palavras-chaves:** Ácido oxálico, Cactáceas, Minerais, Ovinocultura, Rins

**MACROMINERALS BALANCE, KIDNEY FUNCTION AND BLOOD  
METABOLITICS IN SHEEP FEEDED WITH CACTUS (*Opuntia stricta* Haw)**

**ABSTRACT**

The objective of this study was to evaluate whether the substitution of Buffel grass hay by *Opuntia stricta* Haw diet affects the balance of macrominerals, kidney function and blood metabolites in sheep. For this purpose, 5 Santa Inês sheep, adult, castrated and cannulated in the rumen, weighing around  $61.5 \pm 9.5$  kg, were distributed in a 5x5 Latin square design for 60 days, divided into 5 periods 12 days. The animals were fed five diets, being composed of the replacement of Buffel grass hay by *Opuntia stricta* Haw at levels 0, 121, 245, 371 and 500 g/kg of DM. The consumption of oxalate, Ca, P, Mg, K and Na increased linearly with the increase in the level of palm. There was an increase in urinary excretion of Na and K of 0.363 and 1.102 (g / day), respectively, with the increase of palm levels. Voluntary water intake decreased linearly, whereas dietary and total water intake increased linearly with palm levels. Blood levels of cholesterol, albumin and creatinine were low at all levels. The blood concentration of Ca and K did not present significant difference with mean of 2.13 mmol / l and 3.38mEq / l respectively. The blood profile of sheep was not influenced by the replacement of Buffel hay by Orelha-de-Elefante mexicana palm until the inclusion of 500 g/kg DM in the diet, the macromineral balance and renal function were altered to fit the presence of the palm.

**Key-words:** Cacti, Minerals, Oxalic acid, Kidneys, Sheep raising

## 1. INTRODUÇÃO

A palma forrageira (*Opuntia spp.*), é um ingrediente utilizado comumente nas dietas para ruminantes em regiões Áridas e Semiáridas, por seu elevado teor de umidade, o que possibilita melhor aproveitamento do uso da água, pelo aumento do consumo dessas, via dieta.

Além do elevado teor de água a palma também é rica em minerais, dos quais os mais abundantes são cálcio (Ca – 52,6 g/kg de MS), potássio (K – 19,0 g/kg de MS), magnésio (Mg – 12,7 g/kg de MS), fósforo (P- 2,1 g/kg de MS) e sódio (0,5 g/kg de MS), com valores médios, respectivamente, encontrados por Cordova-Torres *et al.* (2015). E teores elevados de ácidos orgânicos, como o ácido oxálico (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) com média de 14% de MS (BEN SALEM, 2002).

Dentre as variedades de palma utilizadas na alimentação de ruminantes a palma Orelha-de-Elefante mexicana (*Opuntia stricta* Haw) tem se destacado por ser uma variável menos exigente à fertilidade do solo e mais resistente à cochonilha carmim e ao estresse hídrico. Porém ainda há poucos estudos com essa variedade, relacionados aos macrominerais e ácidos orgânicos presentes nestas e sua biodisponibilidade para os animais. A composição dos macrominerais no alimento torna-se essencial, já que nenhum alimento pode ser considerado completo, havendo a deficiência de alguns minerais em detrimento do elevado teor de outros. Um exemplo disto é o fato de forrageiras de modo geral serem deficientes em fósforo, como é o caso do capim Buffel, devido aos solos brasileiros serem deficientes desse mineral.

O feno do capim Buffel é caracterizado por possuir baixos teores de matéria mineral variando de 70,3 a 89,8 g/kg de MS (NUNES, 2004), se comparado à palma Orelha-de-Elefante mexicana que possui matéria mineral em torno de 110,70 g/kg de MS, o que pode ocasionar problemas fisiológicos e renais ao ser substituído por níveis altos de palma na alimentação de ovinos.

Dessa forma o objetivo da realização deste estudo foi avaliar a substituição do feno de capim Buffel por palma Orelha-de-Elefante mexicana sobre o balanço de macrominerais, perfil sanguíneo e a função renal de ovinos.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. Palma forrageira e feno de capim Buffel na alimentação de ruminantes

A palma forrageira é considerada uma excelente fonte de energia na alimentação de ruminantes, por possuir alto teor de carboidratos não fibrosos e nutrientes digestíveis totais, em torno de 61,79% e 62%, respectivamente (WANDERLEY *et al.*, 2002). Além de ser adaptável às regiões Áridas e Semiáridas, podendo ser utilizada na alimentação animal substituindo concentrados energéticos e culturas forrageiras (MOKOBOKI & SEBOLA, 2017).

A mesma possui, em sua composição, grande quantidade de água, podendo satisfazer as exigências de água dos animais, diminuindo o consumo de água de bebida (VIEIRA *et al.*, 2008), dessa forma, reduz a falta de água para os animais, diminuindo um dos problemas enfrentados nas regiões Semiáridas.

Entre as espécies de palma mais utilizadas, 12 pertencem ao gênero *Opuntia* e 2 a *Nopalea*. No Nordeste do Brasil, tradicionalmente são utilizadas na alimentação de ruminantes as espécies *Opuntia ficus indica* (L.) Mill., clones Gigante e Redonda, e *Nopalea cochenillifera* Salm Dick., clones miúda ou doce e baiana (CAVALCANTE *et al.*, 2014), além desses clones vem sendo utilizada na alimentação de ruminantes a *Opuntia stricta* Haw (Orelha-de-Elefante mexicana), a mesma tem se destacado por sua resistência à cochonilha do carmim e a longos períodos de estiagem, com menor exigência em fertilidade do solo, com alta produção de matéria seca.

Por seu potencial energético, a palma tem aumentado o valor nutricional das dietas oferecidas aos animais. Porém, a mesma possui um efeito laxativo, que pode estar associado às altas concentrações de ácidos orgânicos, carboidratos não fibrosos rapidamente degradados no rúmen, teor de minerais e quantidade de água em sua composição (CORDEIRO, 2012). Além disso, o fornecimento exclusivo ou em grandes quantidades dessa cactácea, não é suficiente para atender as exigências nutricionais de proteína e fibra dos animais, devendo ser fornecida com outra fonte de alimento a fim de balancear a proteína e a fibra fisicamente efetiva da dieta, proporcionando um ambiente ruminal ideal para os microrganismos presentes no rúmen.

Como alternativa para associação com a palma forrageira na alimentação de ruminantes temos o capim Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), uma gramínea exótica, originária da África, que apresenta alto teor de fibra em torno de 74% (SOARES, 2012).

Essa associação ou substituição do feno de Buffel com a palma na alimentação de ovinos tem mostrado bons resultados. Em pesquisa realizada por Cordeiro (2012) avaliando a substituição do feno de Buffel por palma na alimentação de ovinos, pode-se observar que até 71% de substituição, os animais obtiveram um maior ganho de peso, devido ao maior aporte de nutrientes nas dietas com maior nível de palma, favorecendo o desenvolvimento do tecido muscular e um melhor acabamento de gordura, levando os animais ao abate com uma melhor condição corporal e peso vivo. Além de apresentarem menor consumo de água de bebida, devido à grande quantidade de água presente na palma o que forçou o animal a consumir água através da dieta, reduzindo sua procura por água.

Araújo (2017) substituiu até 80% do feno por palma Orelha-de-Elefante mexicana na dieta de caprinos e ovinos, observou que a substituição de até 80% do feno não causou distúrbios nutricionais aos animais. Devido os teores de fibra fisicamente efetiva presentes na dieta, serem suficientes para promover um bom funcionamento do rúmen. Ambos os autores Cordeiro (2012) e Araújo (2017) não relataram problemas relacionado como o desbalanço dos minerais, nem ocorrência de disfunção renal nos animais dos estudos.

### **2.1.1. Composição química da palma Orelha-de-Elefante mexicana**

A palma Orelha-de-Elefante (*Opuntia stricta* Haw) é um clone importado do México, que vem ganhando espaço nos palmares dos estados do Nordeste brasileiro. Vem sendo fornecida aos animais, como fonte de energia na forma *in natura*, seu uso tem sido favorecido por ser uma cultivar tolerante às condições de estresse hídrico, menos exigente em relação à fertilidade do solo e resistente a cochonilha do carmim (*Dactylopius* sp.) (SILVA, 2017).

A cochonilha do carmim é uma espécie do gênero *Dactylopius* que produz o corante carmim. A cochonilha ao se alimentar suga a seiva da palma e, simultaneamente, inoculam uma substância tóxica provocando o amarelecimento dos cladódios e, em seguida, a queda dos mesmos, esse processo pode durar cerca de 15 dias a 6 meses (VASCONCELOS, 2011), podendo ocorrer à destruição de todo o palmar, caso não haja nenhuma ação do homem.

Após devastação dos palmares da região Nordeste do Brasil, devido à cochonilha do carmim, a melhor opção para os agricultores tem sido o cultivo de novas variedades de palma resistentes à mesma. Ao estudar clones resistentes à cochonilha do

carmim, Vasconcelos *et al.* (2009) e Lopes *et al.* (2010) identificaram que as cultivares Miúda (*Nopalea cochenillifera* - Salm Dyck), a Orelha de Elefante Africana (*Opuntia undulata* Griffiths), e a Orelha-de-Elefante Mexicana (*Opuntia strica* Haw.) apresentaram maior resistência ao inseto.

Dentre as características e qualidades da palma Orelha-de-Elefante mexicana, esta possui uma composição químico-bromatológica bastante variada, devido a uma série de fatores como idade da planta, adubação do solo, período de coleta e tratamentos culturais. É um alimento rico em carboidratos, em sua maior parte carboidratos não-fibrosos, apresenta ainda alto teor de matéria mineral, baixo teor de proteína bruta e fibra em detergente neutro (Tabela 1), aspectos que devem ser levados em conta quando utilizada na alimentação de ruminantes.

Tabela 1- Composição química da palma Orelha-de-Elefante mexicana

Referência	MS <sup>1</sup>	MO <sup>2</sup>	PB <sup>3</sup>	MM <sup>4</sup>	FDN <sup>5</sup>	CHO <sup>6</sup>	CNF <sup>7</sup>
Cavalcanti <i>et al.</i> (2008)	75,0	807,6	25,5	192,4	300,3	764,8	-
Rocha filho (2012)	77,0	859,0	69,0	141,0	262,0	771,0	509,0
Moraes (2012)	90,0	870,0	-	130,0	240,0	-	-
Sousa (2015)	202,2	937,9	32,7	62,1	154,6	894	704,3
Silva (2016)	52,52	849,08	74,33	159,92	154,78	756,97	602,19
Silva (2017)	117,30	889,30	59,70	110,70	243,20	798,9	555,70

<sup>1</sup>Materia seca em g/kg na matéria natural; <sup>2</sup>matéria orgânica em g/kg na MS; <sup>3</sup> proteína bruta em g/kg na MS; <sup>4</sup> matéria mineral em g/kg na MS; <sup>5</sup>fibra insolúvel em detergente neutro em g/kg na MS; <sup>6</sup> carboidratos totais em g/kg na MS; <sup>7</sup> carboidrato não fibroso em g/kg na MS.

A composição bromatológica da palma forrageira, a torna um alimento impar na nutrição de ruminantes, os altos teores de umidade da mesma, fornece ao animal uma fonte de água, podendo influenciar no consumo de água de bebida de ovinos ao consumir palma rotineiramente e em níveis elevado na dieta.

### 2.1.2. Balanço hídrico de ovinos alimentados com palma forrageira

A água representa 70% da composição corporal dos animais adultos e muitos tecidos contêm cerca de 70 a 90% de água (BERCHIELLI, 2006). É distribuída por todo o corpo, incluindo fluidos extra e intracelular que contêm de 31 a 38% e de 62 a 69% da água corporal, respectivamente. Também é considerado o mais abundante

substrato químico vital de todos os seres vivos (NRC, 2007), estando presente em todas as atividades biológicas no organismo animal.

As fontes de água para os ruminantes são a água bebida voluntariamente, a água oriunda dos alimentos e a água metabólica, que é formada pela oxidação de nutrientes e tecidos corporais (BRITO, 2009). A perda de água pelos animais ocorre pela excreção na urina e fezes, pela produção de leite, pela transpiração e evaporação das superfícies corporais e no trato respiratório.

Em ovinos boa parte das perdas de água ocorre por transpiração e respiração (BERCHIELLI, 2006), sendo influenciada pelas atividades exercidas pelos animais, temperatura, umidade do ar, frequência respiratória, ingestão de água, consumo de ração e produção.

O consumo de água é um dos indicadores disponíveis para avaliar o desempenho zootécnico de um rebanho. Segundo o NRC (2007) a ingestão de água pelo animal depende das seguintes condições: peso corporal, consumo de matéria seca e energia, temperatura, radiação e umidade, qualidade da água, espécie animal, raças, diferentes estádios fisiológicos: crescimento, gestação e lactação e efeito da restrição ou oferta de água (ARAÚJO *et al.*, 2010). O conhecimento de como esses efeitos influenciam na ingestão de água ajuda no desenvolvimento do manejo hídrico.

A água ingerida voluntariamente é a principal fonte de água para os animais, porém, a água é um recurso natural finito, que vem diminuindo nos últimos anos. Um dos desafios mundiais nas próximas décadas é proteger os recursos naturais e, ao mesmo tempo, produzir alimento suficiente para suprir as demandas da população (RIBEIRO, 2011). Esses desafios são ainda maiores nos países de clima tropical, como o Brasil, que possuem regiões Semiáridas caracterizada por pouca chuva, que reduz a disponibilidade de água, levando a um desempenho animal limitado pelo baixo recurso forrageiro, em decorrência da escassez hídrica (COSTA *et al.*, 2009).

Essa limitação no consumo de água diminui o desempenho animal de forma mais rápida, do que qualquer outro nutriente (SOUZA, 2014). A restrição de água afeta diretamente o apetite e a digestão, visto que o consumo de água possui uma estreita relação com o consumo de matéria seca. A maior parte do rebanho ovino brasileiro se encontra na região Semiárida do Nordeste, caracterizada por chuvas irregulares. De acordo com Araújo (2010) ovinos que vivem em ambientes com temperaturas acima de 20°C ingerem em média 3 kg de água/kg de matéria seca ingerida.

Ovinos alimentados com rações contendo níveis elevados de palma forrageira na dieta, podem até deixar de ingerir água diretamente do bebedouro. Araújo (2009), analisando a ingestão de água em ovinos consumindo 820 g/kg palma forrageira na matéria seca, verificou que o consumo de água de bebida foi de 0,4 kg/dia, e o consumo de água via dieta foi de 4,1 kg/dia, devido ao baixo teor de matéria seca da palma, fazendo com que os animais ingerissem quantidades elevadas de água por meio da dieta, chegando a 4 kg/dia. Costa *et al.* (2009) trabalhando níveis de palma na dieta de caprinos encontraram resultados semelhantes.

O mesmo aconteceu no trabalho de Cordeiro (2012), que observou menor consumo de água voluntária por ovinos da raça Santa Inês na região Semiárida à medida que incluiu a palma na dieta. As necessidades hídricas que foram atendidas, em grande parte, pela água contida na dieta. Indicando que a palma forrageira pode suprir grande parte das exigências de água de ovinos, solucionando um dos entraves da produção animal nessas regiões.

A adaptação da palma as regiões Semiáridas está relacionada ao mecanismo eficiente de adaptação da palma as diversidades climáticas como metabolismo ácido das crassuláceas (CAM) minimizam a fotorrespiração e armazenam água separando estas etapas no tempo, entre noite e dia; na concentração de ácidos orgânicos como, por exemplo, o ácido oxálico, metabolito relacionado ao equilíbrio iônico, pela sua alta capacidade de se ligar a vários íons, formando compostos solúveis e insolúveis.

A palma apresenta em sua composição valores elevados de cálcio, potássio e magnésio, um dos mecanismos que a mesma utiliza para regular os níveis elevados desses ácidos inorgânicos é a ligação com ácidos orgânicos, diminuindo a presença dos inorgânicos, mantendo assim o balanço osmótico da célula vegetal.

### **2.1.3. Metabolismo do Oxalato em ruminantes**

O ácido oxálico é um composto orgânico, sua importância nutricional e clínica no animal é decorrente da insolubilidade do seu sal de cálcio e oxalato de cálcio, que não se altera nas variações fisiológicas do pH e, por isso, frequentemente, a urina encontra-se supersaturada em relação ao oxalato de cálcio (WILLIAMS, 1978).

Nos mamíferos o oxalato é o produto final do metabolismo de aminoácidos como hidroxiprolina, glicina e serina (SANDERS *et al.*, 1997). O glioxilato é considerado o mais importante precursor de oxalato, esse metabólito advém do glicolato pela ação da enzima glioxilato redutase (BEHNAM *et al.*, 2006). O glicolato é



importante intermediário da fotorrespiração, sendo o seu teor em plantas maior que em tecidos animais (TAKAYAMA *et al.*, 2003). Nos animais, as fontes de glicolato são dieta e precursores presentes na dieta, como os carboidratos (amido).

A produção endógena de oxalato ocorre no fígado, altamente dependente do teor de glioxilato dos hepatócitos. O glioxilato que não for reduzido a glicolato ou transaminado para glicina será oxidado a oxalato pela enzima L-lactato desidrogenase, presente no citoplasma dos hepatócitos (BEHNAM *et al.*, 2006). Para que ocorra o funcionamento ideal do organismo o glioxilato deve ser metabolizado, com conversão para glicina pela enzima alanina: glioxilato aminotranferase 1. Um cofator essencial da enzima alanina: glioxilato aminotranferase 1 é a piridoxina (vitamina B6), de modo que a deficiência de piridoxina pode induzir aumento na produção endógena de oxalato, pois o glioxilato deixa de ser convertido a glicolato e passa a ser oxidado a oxalato (PEDREIRA, 2015).

Outros precursores do oxalato são o açúcar (glicose, galactose e frutose) e o ácido ascórbico, que se quebra de forma não enzimática na urina. Esta reação é acelerada quando o pH está alcalino (DIJCKER *et al.*, 2012). A excreção do oxalato quando absorvido ou produzido de forma endógena ocorre somente pela urina, a quantidade excretada na urina é determinada pela dieta, pela absorção intestinal, pela secreção tubular renal e pela taxa de síntese endógena.

Particularmente em ruminantes, o oxalato após ser ingerido pode seguir três vias: primeira ser degradado no rúmen a dióxido de carbono e ácido fórmico, segunda ser absorvido de forma livre no sangue, ou terceira ligar ao cálcio formando o oxalato de cálcio insolúvel o qual será excretado nas fezes. Ao chegar ao rúmen o oxalato é parcialmente degradado, pela *Oxalobacter formigenes* (JUSTICE, 1985).

A taxa de degradação do oxalato aumenta se a alimentação for rica em oxalato, provavelmente devido à adaptação dessas bactérias em utilizar esse substrato com fonte de energia, (Allison & Cook, 1981) a energia gerada no desdobramento do oxalato em CO<sub>2</sub> e ácido fórmico é muito pouca, o que leva às *formigenes* aumentar a taxa de degradação deste substrato disponibilizando mais energia.

Allison *et al.* (1986), avaliando a *Oxalobacter formigenes* isolada em vários substratos, observaram que a mesma cresceu em meio de cultura contendo o oxalato como único substrato, levando a conclusão que as estirpes *Oxalobacter formigenes* são responsáveis pela degradação e desintoxicação do oxalato no rúmen. O oxalato é

degradado exclusivamente por essas bactérias uma vez que os microrganismos que degradam carboidratos são incapazes de degradar oxalato.

O oxalato presente na palma se encontra na forma livre, o mesmo se liga aos cátions mono (sódio e potássio) e bivalentes (cálcio e magnésio), de modo que o oxalato de cálcio é o mais estável e menos solúvel, esses cristais de cálcio, por sua vez, passam intactos pelo trato digestivo (WARD *et al.*, 1979; MARAIS *et al.*, 1997). A presença do oxalato na palma, embora existam relatos que o mesmo é degradado no rúmen, quando em quantidades elevadas (1,3 a 1,8%), reduz a absorção de cálcio em até 20% (BLANEY *et al.*, 1982), o que torna o cálcio da palma menos disponível para a absorção.

Quando ocorre um aumento na formação de quelatos de oxalato de cálcio, diminuindo a taxa do cálcio no metabolismo, irá afetar o equilíbrio osmótico do organismo animal, conseqüentemente, estimular a reabsorção óssea na tentativa de manutenção dos níveis séricos deste mineral (SILVA, 2017). Se essa reabsorção óssea persistir, o animal irá entrar num déficit crônico de cálcio, além disso, a estreita relação que o mesmo possui com o fósforo será afetada, pois estão intimamente ligados e a deficiência ou excesso de um irá influenciar na utilização do outro.

Levando em consideração que a palma possui teores elevados de cálcio e baixo de fósforo, nutricionalmente a ligação do oxalato ao cálcio até certo ponto poderá ser um efeito positivo para o animal.

## **2.2. Balanço de macrominerais em ovinos alimentados com palma forrageira**

Existem 14 elementos minerais que são essenciais devendo ser adicionados à dieta em condições práticas. Eles são separados em macrominerais e microminerais, de acordo com as quantidades requeridas pelos animais (NRC, 2007). Os macrominerais, também são classificados em cátions (cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na) e potássio (K) e ânions (fósforo (P), cloro (Cl) e enxofre (S)) (CAVALHEIROS, 1992).

Os macrominerais podem exercer quatro funções no organismo:

- 1- Estrutural que compõem a estrutura dos ossos, dentes, proteínas dos músculos, órgãos e tecidos do corpo, por exemplo, Ca, P, Mg e S;
- 2- Fisiológica os elementos Na, K, Cl, Ca e Mg estão envolvidos na manutenção da pressão osmótica, do balanço ácido-básico, na permeabilidade de membranas e irritabilidade dos tecidos, no sangue, fluido cérebro-espinhal e suco gástrico;

- 3- Catalítica agindo como catalizador nos sistemas enzimático e hormonais, como componentes da estrutura de metalproteínas ou como ativador do sistema;
- 4- Reguladora, ação reguladora na replicação e diferenciação celular, como por exemplo, o Ca influencia o sinal de transdução (UNDERWOOD & STTLE, 1999).

Além dessas funções, os minerais estão envolvidos de forma indireta com o metabolismo dos ruminantes, já que os requerimentos minerais dos microrganismos do rúmen para crescimento e metabolismo, pode afetar a disponibilidade de nutrientes para o animal.

De acordo com Berchielli (2006), a baixa disponibilidade de alguns macrominerais pode reduzir a atividade microbiana, como a digestão da fibra e síntese de proteína, diminuindo o suprimento de nutrientes para o animal. Vale ressaltar que, apesar da separação descrita anteriormente, cada função não é exclusivamente de um mineral, assim como um único mineral pode exercer mais de uma função específica, ou diversos minerais podem exercer uma única função, quando em interação no organismo animal.

Na nutrição animal, diversas pesquisas têm sido realizadas, com intuito de se avaliar a inter-relação entre minerais e seus efeitos através do balanço de minerais nos animais, dependendo da dieta oferecida. O balanço mineral ou balanço eletrolítico (BE) representa a diferença entre os cátions e os ânions fixos totais presentes na dieta (DECLARO *et al.*, 2006). Os minerais Na, K, Cl e SO<sub>4</sub> foram os minerais escolhidos por BLOCK (1994) para o cálculo do balanço eletrolítico devido ao papel que desempenham no metabolismo ruminal, pela participação indireta no balanço osmótico, balanço ácido-base, integridade e mecanismo de bomba das membranas celulares.

### **2.2.1. Cálcio (Ca), Fósforo(P) e Magnésio (Mg)**

A absorção do Ca ocorre, principalmente, no duodeno e no jejuno. No duodeno por um transporte ativo, facilitado pela ação da vitamina D, enquanto que a absorção no jejuno é feita pelo sistema passivo de difusão iônica (CAVALHEIROS, 1992). Entretanto, nem todo cálcio presente no alimento torna-se disponível para o organismo, sua disponibilidade vai depender da forma química na qual se encontra, por exemplo, o Ca nas plantas forrageiras costuma estar na forma de fosfato de Ca, oxalato de Ca e, possivelmente, ligado à pectina e lignina da mesma (MENDONÇA JUNIOR *et al.*, 2011).

Dependendo da alimentação, menos de 50% do cálcio ingerido é absorvido no trato intestinal e entra na corrente sanguínea. Essa absorção pode ser menor com a presença de outros nutrientes como fósforo, lipídios, íons de magnésio e alumínio em níveis elevados, ou baixos níveis de vitamina D (ALMEIDA FILHO, 2016). A excreção do Ca ocorre por três rotas: fezes, urina e suor. A maior excreção ocorre pelas fezes, as perdas por urina são relativamente baixas devido ao processo de reabsorção (CAVALHEIROS, 1992).

O metabolismo de Ca está intimamente ligado ao metabolismo de fósforo e magnésio, uma vez que o paratormônio, a calcitonina e a vitamina D agem sobre o metabolismo destes (Monteiro & Vannucchi).

Segundo Cordova-Torres *et al.* (2015), o percentual de Ca na palma é alto, visto que avaliando a variedade de palma forrageira (*O. ficus indica*), obteve valores de cálcio variando de 27,7 a 52,6 g/kg MS, apresentando uma baixa concentração de P variando de 2,2 a 3,0 g/kg MS, resultando em uma relação Ca:P muito elevada. Enquanto Santos *et al.* (2009), trabalhando com dietas à base de palma na alimentação de caprinos encontraram valores de 45,6 g/kg MS para o Ca e 1,8 g/kg MS para o P, não observando problemas nutricionais nos animais, mesmo com o nível de Ca elevado, atribuindo esse resultado à presença do oxalato contido na palma, que se liga ao Ca tornando o mesmo indisponível. Os autores constataram que a excreção urinária do Ca diminuiu linearmente, porém a excreção fecal aumentou. O nível elevado de cálcio e da relação Ca:P não afetou o balanço de P.

A absorção do fósforo ocorre, principalmente, no duodeno de forma ativa e passiva, sendo influenciado pela idade dos animais e a presença de outros nutrientes como lipídios, lactose, cálcio, ferro, alumínio, potássio, magnésio, manganês e vitamina D (ALMEIDA FILHO, 2016). Sua principal via de excreção é as fezes podendo ser eliminado em pequena quantidade pela urina, onde ovinos quando em comparação a outras espécies apresentam maior quantidade de fósforo eliminado na urina (CAVALHEIROS, 1992).

Nos ruminantes a cinética metabólica do P ocorrerá de acordo com a forma que o elemento se encontra na dieta, a quantidade ingerida, além da interação com outros minerais e devido a algumas características do animal como a idade, peso corporal, estado fisiológico e o nível de produção (SUTTLE, 2010).

Existe uma estreita relação entre os macrominerais cálcio e fósforo, por volta de 98% de todo o cálcio e 80% do fósforo presente no organismo estão nos tecidos

esqueléticos, a relação Ca:P na dieta deve estar entre 1:1 e 2:1 relação em que esses elementos se encontram nos ossos do animal, ideal para o crescimento e formação dos ossos(PUGH, 2009).

A palma forrageira possui valores baixos de P, como pode ser observado em pesquisa realizada por Batista *et al.* (2003), que encontraram teores de P em variedades de palma variando de 3,0 a 4 g/kg MS e Ca de 28 a 42 g/kg MS, a relação Ca:P na palma é extremamente alta devido a interações com outros minerais, especialmente o fósforo, sendo assim, níveis excessivos de Ca por longo tempo podem afetar negativamente o desempenho animal (SANTOS *et al.*, 2009).

O magnésio é fundamental na fosforilação oxidativa para a formação de ATP, processos de sustentação como íons de sódio / bomba de íons de potássio; oxidação do piruvato e conversão de  $\alpha$ -exoglutarato para succinil coenzima A; transferências de fosfato incluindo aqueles efetuados por fosfatase alcalina, hexoquinase e desoxirribonuclease e b-oxidação de ácidos gordurosos (SUTTLE, 2010). O magnésio também possui função não-enzimática como: a ligação do magnésio ao fosfato, grupos de influências das cadeias ribonucleotídicas seu dobramento; intercâmbios com cálcio que influencia a contração muscular (EBEL & GÜNTHER, 1980).

O processo de absorção do magnésio é normalmente passivo e começa na membrana apical da mucosa do rúmen, onde a absorção de magnésio é conduzida pela diferença de potencial negativo e inibido pelo alto teor de potássio luminal (SUTTLE, 2010). Um processo ativo mediado por suporte, possivelmente envolvendo magnésio e troca de íons de hidrogênio dominante em altas concentrações luminal de magnésio (MARTENS & SCHWEIGEL, 2000).

Os níveis de cálcio, fósforo e potássio na dieta interferem na absorção desse mineral, por exemplo, dietas com altos níveis de Ca diminui a absorção do Mg e vice-versa (CAVALHEIROS, 1992). Uma quantidade remanescente de magnésio é excretada por meio da urina, sendo que a aldosterona, ajuda a regular a taxa de magnésio nos rins (ALMEIDA FILHO, 2016). A excreção ocorre por via fezes, principalmente o magnésio endógeno, geralmente é reabsorvido nos rins, o que minimiza a perda de reservas do organismo.

A palma possui em sua composição níveis relativamente altos de Mg, porém menor que os níveis de Ca e K (Tabela 2), visto que esses macros são antagônicos. Em pesquisa realizada por Araújo (2009), foi verificado que com a diminuição dos níveis de palma na dieta de ovinos houve um aumento linear na absorção do Mg, devido à

diminuição dos níveis de Ca e K na dieta, podendo observar uma correlação negativa entre esses elementos, já quando o nível de K na dieta aumentou ocorreu redução na absorção do Mg, o mesmo autor observou que o Na e o Mg tem uma correlação positiva, à medida que aumentou o nível de Na na dieta elevou a absorção do Mg, diminuindo a excreção.

Já Santos *et al.* (2009) ofertando palma para caprinos observou que mesmo a palma tendo teores elevados de Ca (45,6g/kg MS) e K(14,4g/kg MS) nas dietas, os níveis de Mg (18,2g/kg MS) estavam próximos dos níveis de K, não houve desequilíbrio na relação desses minerais.

### 2.2.2. Sódio (Na) e Potássio(K)

O sódio é um íon predominantemente extracelular, é essencial para o metabolismo normal da água, função intra e extracelular, regulação da pressão osmótica e para manter o equilíbrio ácido-base (GONZÁLEZ, 2000).

O organismo animal não armazena sódio, as suas reservas são limitadas; os sais de sódio são rapidamente absorvidos através das paredes intestinais, podendo ocorrer absorção também no estômago (CAVALHEIROS, 1992). O excesso de sódio é rapidamente excretado na urina, no caso de dietas com níveis baixos de sódio, o animal consegue reter o sódio no corpo através de um eficiente mecanismo dos rins que diminui rapidamente a excreção desse mineral pela urina, evitando o aparecimento dos sintomas da deficiência (KLEIN, 2014).

O sódio e o potássio estão intimamente relacionados, trabalhando juntos no controle da pressão osmótica e equilíbrio ácido-base e metabolismo osmótico. A palma possui teores baixos de Na em sua composição, em torno, de 4,0 g/kg MS e elevados de K (23,5 g/kg MS) (BEN SALEM *et al.*, 2005).

Em pesquisas realizadas por Vieira *et al.* (2008) utilizando níveis de palma (370, 470, 570, 670 e 770 g/kg MS) na dieta de caprinos, verificou que a ingestão de Na diminuiu, já ingestão de K teve um efeito quadrático. Diferenças na ingestão de Na e K entre os tratamentos são prováveis devido ao fato da palma possuir alto nível K e baixo em Na, consequentemente, a relação K:Na será elevada variando de 19:1 e 26:1, atribuindo a palma efeito diurético, visto que plantas com atividades diuréticas caracterizam-se por alta relação K:Na (5:1 a 615:1) (SZENTMIHALYI *et al.*, 1998).

O potássio é o principal cátion presente no líquido intracelular (CAVALHEIROS, 1992), é essencial no equilíbrio acidobásico, na manutenção do

balanço hídrico-corporal, participa de vários sistemas enzimáticos; age como regulador dos batimentos cardíacos; provê o armazenamento do glicogênio no fígado, é o principal fator no balanço da pressão osmótica. Encontrado em concentrações de 100-160 mmol/L, o que corresponde a, aproximadamente, 25 a 30 vezes a concentração de K no sangue (UNDERWOOD & SUTTLE, 1999).

A absorção do K ocorre, principalmente, no intestino delgado, sendo 90% da sua excreção realizada pelos rins, sendo 10% eliminado pela transpiração. A regulação do estado do potássio corporal é principalmente pelos rins, onde a reabsorção tubular é restrita durante a sobrecarga com a influência da aldosterona (Michell, 1978). No entanto, adaptação ao carregamento de potássio começa no intestino, onde sensores fornecem aviso prévio da ingestão de quantidades potencialmente letais (RABINOWITZ, 1988).

A resposta aos sensores envolve um aumento em atividade ATPase de íons de sódio/potássio e um aumento no número de bombas na membrana basolateral de ambos, túbulo distal renal e cólon, levando ao aumento na excreção de potássio, tanto por via urinária quanto fecal (HAYSLETT & BINDER, 1982). O fígado é o órgão mais importante na manutenção e controle do potássio.

A palma forrageira possui altos níveis de K e baixos níveis de sódio dificultando este balanceamento (Tabela 2). Em pesquisa realizada por Araújo (2009), substituindo a palma por feno de Atriplex, observou que com a diminuição da palma na dieta de ovinos houve maior aporte de Na para os animais, pois Atriplex possui elevado teor de Na. Há uma correlação negativa entre a ingestão de Na e a excreção de K pelo organismo (DEWHURST *et al.*, 1968), quanto menor a ingestão Na maior a excreção de K. Este mecanismo é ativado pela aldosterona que estimula a atividade da bomba ( $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATPase}$ ) alterando o gradiente de concentração no lúmen do tubo no néfron, estimulando a reabsorção do Na e difusão do K para o lúmen (REECE, 2006).

O potássio é antagônico ao magnésio, de modo que nível elevado de potássio irá interferir negativamente na absorção do magnésio, por mais que os níveis de magnésio estejam dentro dos requerimentos para o organismo, se o potássio estiver em excesso, teoricamente, terá um déficit no magnésio (SUTTLE, 2010). Por outro lado, se o organismo não estiver absorvendo o magnésio de maneira satisfatória, a absorção de potássio também será prejudicada.

Tabela 2- Composição macromineral da palma forrageira variedade *Opuntia ssp.*

Referência	g/kg de matéria seca				
	Ca	P	Mg	K	Na
Cordova-torres <i>et al.</i> (2015)	52,6	2,1	12,7	19,0	0,5
Abidi <i>et al.</i> (2009)	70,0	1,8	0,43	4,4	6,7
Araújo (2009)	16,4	0,6	6,2	8,7	0,5
Batista <i>et al.</i> (2009)	18,73*	1,25*	8,88*	8,52*	0,05*
Ben salem <i>et al.</i> (2005)	56,4	1,5	1,9	23,5	4,0
Ben salem <i>et al.</i> (2004)	52,1	1,0	10,9	26,0	0,6
Santos <i>et al.</i> (2009)	45,6	1,8	18,2	14,4	0,3

\*mg/kg de MS

### 2.3. Perfil sanguíneo: Ferramenta de análise metabólica e nutricional

As provas bioquímicas realizadas no soro sanguíneo dos animais nos dão um excelente subsídio ao diagnóstico clínico de inúmeras enfermidades, como a situação metabólica dos tecidos animais, permitindo avaliar lesões teciduais, transtornos no funcionamento de órgãos, desafios nutricionais e fisiológicos, desequilíbrios metabólicos específico ou de origem nutricional (GONZÁLEZ, 2001).

De acordo com DIRKSEN & BREITNER (1993), os componentes bioquímicos sanguíneos mais utilizados no perfil metabólico representam as principais vias metabólicas do organismo. A glicose, o colesterol e o beta-hidroxibutirato representam o metabolismo energético, a uréia, a hemoglobulina, as globulinas, a albumina e as proteínas totais representam o metabolismo protéico e o cálcio, o fósforo, o magnésio, o sódio e o potássio representam o metabolismo mineral (WITTWER & CONTRERAS, 2000). Já metabólitos indicadores de lesões nas células hepáticas são as enzimas Fosfatase Alcalina (FA), AST (aspartato aminotransferase), GGT (gama-glutamilttransferase) e GDH (glutamato desidrogenase) (GONZÁLEZ, 2000).

Ao se analisar os resultados das provas bioquímicas, deve-se levar em conta os fatores intrínsecos e extrínsecos (HENRIQUES *et al.*, 2016), onde os intrínsecos estão relacionados às condições inerentes do indivíduo (sexo, idade, espécie e raça), e os extrínsecos pertinentes à adaptação dos animais ao sistema de criação. A concentração sanguínea de um determinado metabólito é indicador do volume de reservas de disponibilidade imediata (GONZÁLEZ, 2001). Essa concentração é mantida dentro de



certos limites de variações fisiológicas, consideradas como valores de referência ou valores normais (KANEKO, 2008).

Quando os animais apresentam níveis sanguíneos fora dos valores de referência podem estar em desequilíbrio nutricional ou com alguma alteração orgânica que condiciona uma diminuição na capacidade de utilização ou biotransformação dos nutrientes (WITTWER & CONTRERAS, 2000), o que irá fazer com que o metabolismo animal busque compensar utilizando suas reservas corporais.

Em pesquisa realizada com palma (*Opuntia ficus indica* Mill) na alimentação de caprinos, Vieira *et al.* (2008), observaram que de acordo com o aumento nos níveis de palma na dieta, a concentração de ureia plasmática diminuiu. A ureia é sintetizada no fígado a partir da amônia, derivada do catabolismo dos aminoácidos e da reciclagem de amônia do rúmen. Os níveis de ureia são analisados em relação ao nível de proteína na dieta e ao funcionamento renal. A palma possui níveis baixos de proteína em sua composição, porém disponibiliza a energia para os microrganismos ruminais, aumentando a utilização da amônia para a síntese de proteína microbiana, justificando a diminuição da ureia plasmática com o aumento da palma na dieta.

No estudo de Santos *et al.* (2009) analisando o perfil sanguíneo de caprinos alimentados com palma (60% na matéria seca), obtiveram valores médios de glicose plasmática e concentração urinária de creatinina e ureia de  $65,58 \pm 8,23$  mg/dL;  $23,27 \pm 4,97$  mg/dL e  $381,16 \pm 154,10$  mg/dL, respectivamente. Os teores sanguíneos de ureia e creatinina encontrados no trabalho estão dentro dos valores considerados normais, porém, não diferenciaram entre tratamentos. Esses metabolitos refletem o aporte proteico da ração, e na relação energia:proteína da dieta, que estava balanceada no presente estudo.

No trabalho de Araújo *et al.* (2012), os índices energéticos avaliados foram: glicose, colesterol total e triglicerídeos, onde as médias referentes ao colesterol sérico nos tratamentos adotados variaram de 1,21 a 1,44 mmol/L. Quanto aos dias de experimento, as médias variaram de 1,10 a 1,46 mmol/L. Os valores séricos referência de animais da espécie ovina devem estar compreendidos entre 1,35 e 1,97 mmol/L (KANEKO, 2008). Concentrações sanguíneas baixas de colesterol podem ser observadas na insuficiência hepática, em dietas com baixo teor de energia, podendo indicar um início de insuficiência hepática nos animais do presente estudo.

Santos *et al.* (2009), analisando o perfil mineral de ovinos observou que houve um aumento na concentração plasmática do Ca, a concentração sérica desse elemento

pode estar relacionada ao maior consumo deste por meio da dieta, ou pela interferência de componentes que sejam capazes de torná-lo indisponível. Porém, os valores do estudo encontram-se dentro dos valores considerados normais, para a espécie. A palma forrageira possui um conteúdo alto de Ca, K e Mg. Já os níveis de P e Na são baixos, o que resulta em relação Ca:P muito alta. Mesmo a palma contendo níveis elevados de alguns minerais, as concentrações sanguíneas desses elementos não são encontradas em valores elevados nos animais devido as suas ligações com compostos orgânicos formando quelatos indigestíveis, reduzindo sua absorção.

Porém existem poucos estudos avaliando a composição mineral e orgânica da palma Orelha-de-Elefante mexicana, bem como, sua biodisponibilidade para o animal, como também os efeitos do consumo elevado desses minerais, e homeostase de ovinos, visto que a mesma é uma alternativa alimentar desse animais, o que levou a realização desse estudo.

#### **2.4. Função Renal de ovinos alimentados com palma forrageira**

O sistema urinário é formado por um par de rins, ureteres, bexiga urinária e uretra. Os rins são órgãos pares de cor vermelho-acastanhado e consistência firme, localizados na região abdominal, um em cada lado da coluna vertebral, apresentam alteração em forma e tamanho de acordo com a espécie animal (KLEIN, 2014).

São responsáveis pela filtração e eliminação de materiais inaproveitáveis, ingeridos através da alimentação ou produzidos pelo metabolismo normal do organismo, servindo como órgão depurador dos restos de produtos provenientes das combustões respiratórias, excreção e secreção (RUFATO *et al.*, 2011), bem como, pelo controle do volume da composição dos líquidos corpóreos, mantendo um ambiente estável para a sobrevivência e manutenção das atividades celulares (GUYTON & HALL, 2002).

A primeira etapa da função renal é a filtração do sangue que ocorre no glomérulo. O glomérulo consiste em uma rede de capilares que retém os componentes celulares e as proteínas de peso molecular médio a elevado, enquanto expelle um fluido quase idêntico ao plasma em sua composição hídrica e eletrolítica. Esse fluido é o filtrado glomerular (KLEIN, 2014). A velocidade com que esse filtrado é formado é conhecida como taxa de filtração glomerular (TFG). Para estimativa da TFG, tem sido usada a técnica de depuração plasmática, que se constitui na relação entre a quantidade

excretada e a concentração plasmática de uma substância, representando o volume virtual de plasma depurado da substância, por minuto (RENNO *et al.*, 2002).

A substância cuja depuração plasmática serve como estimativa da TFG, entre outras características, deve ser livremente filtrável no glomérulo e não ser reabsorvida nem secretada pelos túbulos renais. A depuração plasmática de creatinina endógena também é usada para estimar a TFG, creatinina é formada, no músculo, pela remoção irreversível e não-enzimática de água do fosfato de creatina, que é originada do metabolismo dos aminoácidos (REECE, 2006), não sendo reutilizada, sendo, efetivamente excretada na urina em taxas constantes.

A maior parte do filtrado formado no glomérulo em seguida será reabsorvida pelos túbulos renais. O túbulo proximal reabsorve, pelo menos, 60% das substâncias filtradas (TEXEIRA, 2013). Vários mecanismos de transporte atuam na reabsorção de solutos, incluindo difusão passiva, transporte ativo primário e transporte ativo secundário, atuando no transporte e na reabsorção de substâncias filtradas e a excreção dos componentes plasmáticos, pelos túbulos, onde uma grande parte do filtrado é reabsorvido e não excretado na urina (KLEIN, 2014). Essa reabsorção tem grande importância para que não ocorra a perda total de sais como sódio, potássio e bicarbonato e glicose.

Através da urina são eliminados inúmeros produtos resultantes do catabolismo, a eliminação de alguns bioquímicos irá indicar danos na função renal, como a ureia, creatinina, albumina, proteína, ácido úrico, Na e K. Porém, um metabolito analisado individualmente não é capaz de indicar lesões renais.

Segundo Henriques *et al.* (2016), a ureia e a creatinina são indicadores mais específicos de lesão renal. São eliminadas do organismo através dos rins, que são responsáveis pela depuração das duas substâncias nitrogenadas não proteicas. A concentração de albumina sérica juntamente com a presença de proteínas na urina são indicadores de alteração na função renal (KLEIN, 2014). Nas doenças renais, as lesões glomerulares e tubulares, causam aumento da filtração das proteínas plasmáticas e redução da reabsorção das mesmas, levando a hipoalbuminemia.

O ácido úrico é uma substância nitrogenada não proteica. É o produto final da degradação metabólica de ribonucleotídeos purínicos endógenos e de ácidos nucleicos dos alimentos, (CHEN, 1990), na maioria das espécies ele é transformado em alantoína no fígado através da enzima uricase, sendo facilmente eliminado pela urina não

causando problemas para a saúde, não sendo encontrado nas análises de animais saudáveis (OLIVEIRA, 2004).

Já os íons sódio e potássio estão intimamente ligados, no qual o sódio representa o cátion extracelular mais significativo, enquanto que o potássio o principal cátion intracelular. O equilíbrio de sódio e potássio é mantido pela bomba de Na-K-ATP, que ao retirar sódio do interior da célula introduz o potássio para o interior da mesma, havendo consumo de energia (PUGH, 2009). O aumento na ingestão de potássio há um aumento na sua excreção urinária e na retenção do sódio.

Como pôde ser observada anteriormente, a dieta pode influenciar a função renal, porém, apesar de grande utilização da palma na dieta de ruminantes, pouco se sabe sobre a disponibilidade, as relações e interações entre os presentes minerais nesse alimento e sua influencia na função renal dos animais. Em trabalho recente, Pedro Neto *et al.* (2016), avaliando a excreção renal de algumas substâncias em ovinos alimentados com palma forrageira observou que a presença da palma forrageira (*Nopalea cochenillifera*), tanto na condição de farelo como *in natura*, proporcionou aumento do volume urinário, porém, não houve alteração na função renal.

A palma em sua composição possui elevados teores de água de 80 a 90% (VIEIRA *et al.*, 2008), o que explica o fato dos animais que receberam dietas contendo palma *in natura* reduzirem a ingestão de água, além de excretarem considerável volume de urina, como mecanismo de regulação do volume de água do corpo.

Já o fato dos animais que receberam a palma na forma de farelo apresentar aumento no volume urinário, os autores relacionaram ao aumento no consumo voluntário de água, que ultrapassou a necessidade do animal. A ingestão excedente pode não estar relacionada com a exigência de água e sim com substâncias presentes na palma, como oxalato e minerais que aumentam a excreção urinária e, consequentemente, a ingestão voluntária de água que é indispensável na eliminação de frações não digestíveis, bem como, dos produtos residuais.

Há poucos dados na literatura sobre a função renal em ovinos alimentados com palma Orelha-de-Elefante sendo relevante, visto que, possuem altos níveis de oxalato, sendo, em sua maior parte, na forma de oxalato de cálcio insolúvel. Já é conhecida a formação de pedras de oxalato de cálcio nos rins de animais que consomem esse ácido orgânico por muito tempo, aumentando a incidência de enfermidades no sistema urinário dos animais.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida de acordo com as normas éticas e aprovado pela Comissão de Ética e Bem-estar animal da Universidade Federal da Paraíba.

#### 3.1. Local do experimento e animais

O estudo foi desenvolvido na Unidade de Pesquisa em Pequenos Ruminantes, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, localizado no município de Areia – PB. Localidade caracterizada por um clima quente e úmido, apresentando os meses de abril a julho como os mais chuvosos com precipitações totais mensais médias oscilando entre 175,4 a 206,5 mm, representando 43% das chuvas ocorridas; os meses mais secos ocorrem em outubro e novembro e sua representação dos índices pluviométricos é de 4% (MENEZES *et al.*, 2013). A temperatura média oscila entre 21 e 26 °C, com variações mensais mínimas.

O experimento teve duração de 60 dias, divididos em cinco períodos de 12 dias. Os primeiros 7 dias, de cada período, foram utilizados para adaptação dos animais às dietas experimentais e os 5 dias seguintes destinados à coleta de dados e amostras. Para tanto, foram utilizados 5 ovinos da raça Santa Inês, adultos, castrados e canulados no rúmen, pesando  $61,5 \pm 9,5$  Kg. Os animais foram distribuídos, aleatoriamente, em um quadrado latino (5x5), e cada animal foi tratado contra endo e ectoparasitas; em seguida, permaneceram alojados em baias individuais, providas de comedouros e bebedouros individuais.

#### 3.2. Dietas experimentais e manejo alimentar

As dietas foram compostas pela substituição do feno de capim Buffel por palma Orelha-de-Elefante mexicana (*Opuntia stricta* Haw) nas proporções de 0, 121, 245, 371 e 500 g/kg com base na matéria seca (MS) da dieta. A palma possuía idade aproximada de corte de dois anos e meio e foi adquirida no município de Cubati - PB.

Também foi utilizado concentrado composto por milho moído, farelo de soja e suplemento mineral. A proporção volumoso:concentrado foi de 65:35 com base na matéria seca (MS). As dietas foram formuladas para serem isonitrogenadas, atendendo as exigências de ovinos adultos, castrados, segundo o NRC (2007). A composição química bromatológica dos ingredientes e a proporção nas dietas experimentais encontra-se na Tabela 3 e 4.

Tabela 3- Composição química dos ingredientes das dietas experimentais

Composição (g/kg)	Ingredientes					
	Milho Moído	F. soja	POEM <sup>3</sup>	F. Buffel	S. Mineral	Água
Matéria seca <sup>1</sup>	879,1	885,7	130,5	936,2	-	-
Matéria orgânica <sup>2</sup>	987,5	938,8	844,3	936,7	-	-
Matéria mineral <sup>2</sup>	12,48	61,17	155,7	63,26	-	-
Proteína bruta <sup>2</sup>	88,00	493,4	50,10	65,70	-	-
Extrato etéreo <sup>2</sup>	52,11	21,35	14,64	13,29	-	-
FDNcp <sup>2</sup>	198,9	152,5	230,5	651,6	-	-
Carboidratos totais <sup>2</sup>	847,4	424,1	779,5	857,8	-	-
Carboidratos não fibrosos <sup>2</sup>	648,6	271,6	549,0	206,2	-	-
Oxalato <sup>2</sup>	1,929	1,416	9,815	2,839	-	-
Cálcio <sup>2</sup>	0,197	1,269	23,88	1,810	136,1	22,10**
Fósforo <sup>2</sup>	3,352	5,527	2,406	0,862	94,67	0,241**
Magnésio <sup>2</sup>	0,530	2,405	8,164	0,994	11,79	9,020**
Sódio <sup>2</sup>	0,268	0,526	0,751	0,528	70,50	38,30**
Potássio <sup>2</sup>	1,877	22,61	27,79	10,29	0,127	7,000**
Ox: Ca	9,791	1,115	0,411	1,568		
Ca: P	0,058	0,229	9,925	2,099		
K: Na	7,003	42,984	37,00	19,48		
K: Ca	9,527	17,81	11,33	5,685		
K:Mg	3,541	9,401	3,403	5,685		

<sup>1</sup>g/kg de matéria natural; <sup>2</sup>g/kg de matéria seca; <sup>3</sup> Palma Orelha-de-Elefante mexicana; \*\*mg/L

Tabela 4- Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais

Ingredientes (g/kg de MS)	Níveis de palma Orelha-de-Elefante mexicana (g/kg de matéria seca)				
	0	121	245	371	500
Milho Moído	199,9	172,7	173,4	175,2	177,0
Farelo de Soja	132,0	166,6	168,3	170,0	170,7
Feno de Buffel	649,8	525,1	397,8	267,9	135,3
Palma OEM	0,000	121,2	244,9	371,2	500,0
Ureia	7,412	3,744	4,727	4,775	5,789
S. Amônio	0,815	0,411	0,519	0,525	0,636
S. Mineral	10,09	10,19	10,29	10,40	10,51
Nutrientes	Composição Química (g/kg de MS)				
Matéria Seca <sup>1</sup>	918,4	529,4	369,7	282,7	227,9
Matéria Orgânica	937,4	924,9	913,4	901,7	889,8
Matéria Mineral	61,77	74,64	86,07	97,74	109,6
Proteína Bruta	147,2	149,0	150,6	149,5	150,8
Estrato Etéreo	21,87	21,31	21,50	21,75	21,99
Fibra em Detergente Neutro (cp)	483,3	429,8	375,8	320,9	264,7
Carboidratos totais	769,2	755,1	741,8	731,0	717,6
Carboidrato não fibroso	285,9	325,2	366,0	410,1	453,0
Oxalato	2,417	3,250	4,106	4,982	5,875
Cálcio	2,756	5,479	8,220	11,02	13,87
Fósforo	2,915	3,209	3,419	3,636	3,851
Magnésio	1,187	2,124	3,013	3,921	4,845
Sódio	1,177	1,221	1,255	1,290	1,325
Potássio	10,05	12,86	15,03	17,25	19,48
Ca: P	0,945	1,666	2,298	2,844	3,326
K:Na	8,53	10,54	11,98	13,37	14,70
K:Ca	2,547	2,009	1,699	1,520	1,403
K:Mg	8,459	6,058	4,990	4,399	4,022
Ox: Ca	0,613	0,507	0,464	0,439	0,423

<sup>1</sup> g kg<sup>-1</sup> de matéria natural

O arraçoamento dos animais ocorreu duas vezes ao dia, às 8 h e às 16 h, na forma de mistura completa, no qual, a quantidade ofertada foi ajustada, diariamente, em função do consumo do dia anterior, permitindo sobras de 10% do total oferecido. A água foi fornecida *ad libitum*.

Durante o período experimental foram coletadas amostras dos ingredientes que participaram da dieta, e acondicionadas em sacos plásticos e em seguida armazenados em freezer para posteriores análises químico-bromatológicas.

### 3.3. Análises bromatológica

As amostras coletadas diariamente foram homogeneizadas de forma a obter uma composta de cada animal por período, depois, o material foi pré-seco em estufa de ventilação forçada a 55°C, por 72 horas e moído em moinho de facas do tipo Willey, usando peneira de crivo 1 mm, para sobras e ingredientes, e 2 mm para fezes.

As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Análise de Alimentos e Nutrição Animal (LAANA) do CCA/UFPB. As amostras foram analisadas de acordo com a *Association of Official Analytical Chemists* – AOAC (1997), para matéria seca (MS) (método 920.39), proteína bruta (PB) (método 954.01), extrato etéreo (EE) (método 920.39), e cinzas (método 942.05).

A determinação da fibra em detergente neutro (FDN) foi realizada utilizando o analisador de fibra da ANKOM (ANKOM200 *Fibre Analyzer* – ANKOM *Technology Corporation*, Fairport, NY, EUA). A FDN foi corrigida para isenção de cinzas e proteína, onde os resíduos da digestão em detergente neutro foram incinerados em mufla a 600°C por 2 horas, e a correção para proteína foi efetuada mediante proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) de acordo com Licitra *et al.* (1996).

Para a estimativa dos carboidratos totais (CHOt) e carboidratos não-fibrosos (CNF) foram empregadas às equações preconizadas por Hall.(2000), sendo a FDN isenta de cinzas (c) e proteína (p) (FDNcp) :  $CHOt = 100 - (\%PB + \%EE + \%Cinzas)$ ;  $CNF = 100 - (\%PB + \%FDNcp + \%EE + \%Cinzas)$ .

### 3.4. Análise de oxalato

O oxalato total, dos ingredientes e sobras foi determinado, seguindo o procedimento descrito por Moir (1953).

A extração do oxalato foi feita com HCl 0,025 N a 72°C por uma hora; posteriormente, a solução foi tratada com uma solução tampão de ácido acético / acetato e hidróxido de amônio e, depois, adicionado uma solução de cloreto de cálcio, formando um precipitado branco, que foi solubilizado com ácido sulfúrico, aquecido e, em seguida, adicionado o permanganato de potássio. O teor de oxalato foi quantificado utilizando a seguinte formula: Mililitros de permanganato x 1,801 = % de ácido oxálico

### 3.5. Determinação do balanço de macrominerais

Para determinação do balanço de macrominerais foi contabilizado a quantidade de minerais ingerido, absorvido e retido pelos animais. A ingestão dos macrominerais



foi calculada pela diferença entre a quantidade do mineral oferecido e sua sobra. Já a absorção foi determinada pela quantidade ingerida do mineral subtraído o que foi excretado nas fezes, e para obter a quantidade do mineral retido utilizou-se a diferença entre o mineral ingerido, o mineral excretado nas fezes e na urina.

As amostras dos ingredientes, sobras e fezes, para determinação dos minerais, foram homogeneizadas de forma a obter uma composta de cada animal por período, depois o material foi pré-seco em estufa de ventilação forçada a 55°C, por 72 horas e moído em moinho de facas do tipo Willey, usando peneira de crivo 1 mm, para sobras e ingredientes, e 2 mm para fezes. A amostra de urina foi coletada no 5º dia do período de coleta por micção espontânea, via “spot”, 4 horas após a alimentação matinal. A urina utilizada não foi diluída com ácido.

Para a obtenção do volume urinário (VU) de cada animal, utilizou-se a creatinina como indicador, multiplicou-se o peso corporal (PC) pela excreção diária de creatinina (mg/L), dividindo-se o produto pela concentração de creatinina (mg/L) na urina.

$$VU_{(L)} = \frac{23,2 \times PC}{\text{Concentração de creatinina na amostra spot (mg/L)}}$$

Foi adotado a média de excreção diária de creatinina de 23,2 mg/L determinada por Kozloski *et al.* (2005) em ovinos.

As amostras dos ingredientes, sobras, fezes e urina foram submetidas à digestão via úmida, por meio do ácido nítrico utilizando um sistema de reação acelerada por micro-ondas, Modelo MARS®, (*Technology inside*) de acordo com Souza *et al.* (2010). Posteriormente, foi realizada uma diluição de acordo com a *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 1990) (*método 968.08*).

Os eletrólitos sódio (Na) e potássio (K) foram determinados através do *Fotômetro de chama DM-62*, no Laboratório de Nutrição Animal da UFPB, *Campus III*, Bananeiras-PB. O cálcio (Ca) e magnésio (Mg) foram determinados através do *Atomic absorption spectrophotometer* (AA240FS), o fósforo (P) foi determinado pelo método calorimétrico, em espectrofotômetro calorimétrico, no Laboratório de Cromatografia e Espectrofotometria de Absorção Atômica - LaCEAA, da UFPB, *Campus III*, Bananeiras-PB.

### 3.6. Determinação do balanço hídrico

O balanço hídrico foi determinado utilizando as equações descritas por Church (1976) *apud* Souza, 2014:

- ✓ Consumo de água no período (CP) (kg) = (água consumida voluntariamente – água evaporada) + água proveniente da dieta + água metabólica;
- ✓ Excreção total de água (kg/dia) = água urina (% MS) + água fezes (%MS);
- ✓ Balanço hídrico (kg/dia) = CD – excreção total de água.

A produção de água metabólica foi estimada a partir da análise químico-bromatológica das dietas e calculada multiplicando-se o consumo de carboidratos, proteína e extrato etéreo digestível pelos fatores 0,55; 0,42 e 1,07, respectivamente (ARAÚJO *et al.*, 2010).

### 3.7. Determinação do perfil sanguíneo

Para avaliação do perfil sanguíneo foram coletadas amostras de sangue no 5º dia do período de coletas, 4 horas após a alimentação matinal, por venopunção jugular após antissepsia local com álcool 70%. Em seguida, as amostras foram centrifugadas a 3.500 rpm durante 15 minutos e acondicionadas em *eppendorf* de 1,5 ml e armazenadas em freezer a -20° C, para posteriores análises.

Foram determinados os seguintes metabólitos:

Proteicos: Ureia ref.104 (*enzimático UV*), Albumina ref.19 (*VBC*), Creatinina ref.96 (*Cinético K*), Proteínas totais ref.99 (*Biureto*), Ácido úrico ref. 73 (*Enzimático*).

Enzimático: Gama-glutamil transferase ref.105 (*Cinético Liquiform*), Aspartato aminotransferase ref.109(*cinético Liquiform*) e Fosfatase alcalina ref.1011 (*cinético Liquiform*).

Energético: Glicose ref.133 (*cinético*) Beta-hidroxibutirato ref.14 (*enzimático*), ácidos graxos não esterificados - NEFA *Randox Laboratories Ltd* ref. FA115 (*enzimático-*), Colesterol ref.76 (*enzimático Liquiform*), Triglicerídeos ref.87 (*enzimático Liquiform*), Frutosamina ref.97 (*cinético Liquiform*).

Mineral: Cálcio ref.90 (*Cresolfiteína Liquiform*), Fosforo ref.12 (*UV Liquiform*), Potássio ref. 125 (*enzimático*), Sódio ref.125 (*enzimático*), Magnésio ref.50 (*Magon/xilidil blue*).

Ambos utilizando como calibrador o Calibra H e como controle Qualitrol 2H, por meio de *Kits* da Lab-test Diagnostica, em analisador bioquímico automático

(Labmax 240), no Laboratório de doenças metabólicas e nutricionais em ruminantes (DMNR/UFRPE).

### 3.8. Determinação da função renal

Para avaliação da função renal foram realizadas coletas de amostras da urina e sangue dos animais. As amostras de urina foram coletadas no 5º dia do período de coleta por micção espontânea, via “spot”, 4 horas após a alimentação matinal, com uso de bolsas de colostomia adaptadas e colocadas com cola adesiva na região prepucial para evitar perdas do conteúdo. Foram coletados 10 mL de urina e diluída em 40 mL de ácido sulfúrico a 0,036N, a fim de inativar a atividade bacteriana, as amostras de urina com e sem o ácido sulfúrico foram armazenadas a -20°C, para posteriores análises.

Foram realizadas as seguintes determinações bioquímicas urinárias: Ureia ref.104 (*enzimático UV*), Creatinina ref.96 (*Cinético*), Cálcio ref.90 (*Cresolftleina Liquiform*), Fósforo ref.12 (*UV Liquiform*), Magnésio ref.50 (*Magon/ xilidil blue*), Sódio e Potássio (fotômetro de chama).

Tanto as análises sanguíneas quanto as urinárias foram realizadas utilizando-se como calibrador Calibra H e como controle Qualitrol 2H por meio de *Kits* da Lab-test Diagnostica, em analisador bioquímico automático (Labmax 240), do Laboratório de doenças metabólicas e nutricionais em ruminantes (DMNR/UFRPE). Exceto os íons sódio e potássio na urina, ambos foram determinados mediante fotometria de chama no laboratório de nutrição animal da UFPB-Campus III.

Os índices urinários foram obtidos por meio de fórmulas descritas por Garry *et al* (1990) e ajustados para o peso metabólico animal, por Chen *et al.* (1990). Sendo estes, a taxa de depuração endógena da creatinina (TDECr), taxa de excreção fracional (TEF) e o índice de excreção urinária de “y” substâncias (IEUy), calculado pela seguinte equação:

$$\text{IEUy (mmol/L)} = (\text{Uy /CrU}) \times \text{PV}^{0,75}$$

Sendo;

Uy – concentração urinária de y substâncias;

CrU – concentração de creatinina na urina;

PV<sup>0,75</sup> -Peso metabólico.

O IEUy corresponde à quantidade eliminada de uma substância na urina corrigida pela creatinina urinária e peso.

A taxa de depuração endógena de creatinina (TDECr) e as taxas de excreção fracional (TE) de ureia, creatinina, e dos macrominerais foram calculadas, respectivamente por:

$$\text{TDECr (mL/min/PV}^{0,75}) = [(\text{CrU} \times \text{Vu}) / \text{CrP}] / \text{PV}^{0,75} ;$$

$$\text{TEFy (\%)} = [(\text{Uy/Sy}) / (\text{CrU/CrS})] \times 100$$

Sendo;

CrU – concentração de creatinina na urina;

Vu – Volume urinário (mL/minuto);

CrP – concentração de creatinina no plasma;

Uy – concentração urinária de y substâncias;

Sy – concentração sérica de y substâncias;

$\text{PV}^{0,75}$  -Peso metabólico.

A taxa de TE nos mostra a fração de material filtrado pelo glomérulo que é eliminada na urina; refletindo tanto no esforço dos rins em desenvolver suas funções como em manter a homeostase.

### 3.9. Análise estatística

Os dados foram compilados em planilhas eletrônicas e submetidos à análise de variância (ANOVA) e regressão, através dos procedimentos GLM e REG do pacote estatístico do SAS (2015), com nível de 5% de probabilidade. Utilizando-se o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ij}(k) = \mu + T_i + A_j + P_k + \varepsilon_{ij}(k)$$

Em que;

$Y_{ij}(k)$  = valor observado para variável em estudo referente ao K-ésimo animal na i-ésima coluna e j-tratamento;

$\mu$  = média de todas as unidades experimentais para a variável em estudo;

$T_i$  = Efeito fixo do Tratamento i;

$A_j$  = efeito aleatório do Animal j;

$P_k$  = Efeito aleatório do período k.

#### 4. RESULTADOS

Os consumos de matéria seca, matéria mineral, oxalato e macrominerais (Ca, P, Mg, K e Na) aumentaram linearmente ( $P < 0,05$ ) com a substituição do feno de Buffel pela palma (Tabela 5).

A excreção fecal dos minerais cálcio e magnésio aumentou linearmente, com a substituição do feno de Buffel pela POEM, enquanto que a excreção fecal de potássio e sódio o efeito foi linear decrescente ( $P < 0,05$ ). A excreção urinária, bem como a absorção em (g/dia), de todos os macrominerais aumentaram linearmente com a inclusão da palma na dieta, havendo um aumento linear na percentagem dos minerais Ca, Mg, K e Na absorvido ( $P < 0,05$ ).

A retenção (g/dia) dos minerais Ca, P, Mg e K, aumentou linearmente com a substituição do feno de Buffel pela palma, comportamento semelhante ao da percentagem do Ca e Mg retido em relação ao ingerido e absorvido ( $P < 0,05$ ). Para os demais minerais os níveis de palma na dieta não influenciaram na percentagem retida ( $P > 0,05$ ).

A ingestão de água de bebida diminuiu com a substituição do feno de Buffel pela palma OEM, enquanto um comportamento oposto pôde ser observado para as variáveis de ingestão via dieta e total de água, assim como para a excreção de água via fezes e urina ( $P < 0,05$ ) (Tabela 6). No entanto o nível de palma na dieta não influenciou o balanço hídrico ( $P > 0,05$ ), mas elevou o volume urinário e a taxa de formação da urina ( $P < 0,05$ ) (Tabela 7).

Os metabolitos proteicos (ureia, albumina creatinina, proteínas totais e ácido úrico), energéticos (glicose, NEFA, colesterol, triglicerídeos e frutamina), minerais (cálcio, fosforo, potássio, sódio e magnésio) e a atividade enzimática (Gama-glutamyl transferase, Aspartato aminotransferase e Fosfatase alcalina), não foram influenciados ( $P > 0,05$ ) pelos níveis de palma na dieta (Tabela 8), porém a concentração plasmática do BHB apresentou comportamento quadrático ( $P < 0,05$ ) em função do aumento da presença da palma nas dietas, com ponto máximo para a inclusão 275 (g/kg de MS) de palma na dieta, o que representou um valor de BHB de 0,444 mmol/L.

A concentração de creatinina e fósforo na urina diminuíram linearmente ( $P < 0,05$ ) com o aumento dos níveis de palma, enquanto que a taxa de excreção fracional da ureia aumentou ( $P < 0,05$ ). No entanto o índice de excreção e a taxa de excreção

fracional de cálcio, fósforo, magnésio, potássio, sódio e TDEcre não foram influenciados ( $P>0,05$ ) pela inclusão da palma nas dietas (Tabela 9).

## 5. DISCUSSÃO

### 5.1. Consumo de oxalato e balanço de macrominerais

As concentrações de oxalato nas dietas experimentais variaram de 2,4 a 5,9 g/kg de MS, estando abaixo do considerado tóxico para ovinos, que de acordo com BLANEY *et al.* (1982) podem variar de 13 a 18 g/kg de MS.

Os elevados teores dos macrominerais Ca, P, Mg, K e Na da palma Orelha-de-Ellefante mexicana em comparação ao feno de Buffel, associado ao aumento no consumo de matéria seca, refletiu no aumento do consumo dos mesmos, quando a palma foi inserida nas dietas (Tabela 5). A palma do presente estudo possui um valor de fósforo (2,4 g/kg de MS) maior que o feno de capim Buffel (0,862 g/kg de MS), justificando o aumento do mesmo na dieta com a substituição do feno de capim Buffel por palma.

Os valores de P na palma do presente estudo encontram-se próximos aos valores encontrados por Cordova-Torres *et al.* (2015), na variedade *Opuntia ficus indica* de 2,1 g/kg de MS, provavelmente a palma tem maior eficiência na utilização do fósforo que o capim Buffel, como também os tratos culturais no plantio da palma pode ter influencia na composição do fósforo na mesma. Os resultado encontrados por Cordova-Torres *et al.* (2015) e no presente estudo mostra que a palma não possui valores baixos de P como diz a literatura, quando comparadas as outras forrageiras como as gramíneas.

A maior excreção do Ca ocorre pelas fezes, sendo muito baixas as perdas pela urina devido ao processo de reabsorção nos rins. A palma possui em sua composição teores elevados de Ca, assim o aumento do nível de palma nas dietas fez com que aumentasse o fluxo (ingestão, excreção, absorção e retenção) desse mineral.

Em todos os tratamentos o consumo do Ca esteve acima das exigências mínimas, que de acordo com o NRC (2007) para ovinos é de 2,2 g/dia com um consumo de MS 1,10 kg/dia. Porém em todas as dietas a oferta do cálcio esteve abaixo do nível considerado tóxico, preconizados pelo NRC (2005) para ovinos, que é de 15 g/kg de MS, mesmo com a inclusão de 50% de palma na dieta, não foram alcançados os níveis tóxicos deste macromineral.

Tabela 5- Balanço de macrominerais em ovinos alimentados com palma Orelha-de-Elefante mexicana em substituição parcial ao feno de Buffel

Parâmetros	Níveis de palma Orelha-de-Elefante mexicana (g/kg de MS)					EPM	<i>P-Valor</i> <sup>l</sup>	
	0	121	245	371	500		L	Q
Consumo, MS <sup>2</sup> (g d <sup>-1</sup> )	1250,7	1487,3	1759,8	1671,8	1748,2	0,0670	0,0240	0,2333
Consumo MM <sup>3</sup> (g/dia)	76,413	116,47	155,88	168,41	198,50	0,0100	0,0540	0,2200
Consumo Oxalato (g/dia)	3,1924	5,5565	8,6728	9,2660	11,510	0,3068	<0,0001	0,3381
<b>Cálcio</b>								
Consumo (g/dia)	3,6643	9,7755	15,473	22,363	24,322	0,5118	<0,0001	0,2101
Fezes (g/dia)	2,6931	6,2599	10,034	10,127	10,515	0,4699	0,0059	0,2145
Urina (g/dia)	0,0037	0,0049	0,0056	0,0074	0,0108	0,0006	0,0011	0,2803
Absorção (g/dia)	0,9712	3,5156	5,4389	12,236	13,808	0,7943	0,0004	0,9966
Absorvido (%)	25,532	35,528	34,997	54,715	53,041	3,9382	0,0242	0,7703
Retido (g/dia)	0,9675	3,5106	5,4333	12,228	13,797	1,2020	0,0004	0,9970
Retido (%) <sup>4</sup>	25,420	35,478	34,955	54,991	52,994	3,9403	0,0240	0,7673
Retido (%) <sup>5</sup>	99,191	99,813	99,947	99,927	99,889	0,0628	0,0891	0,1465
<b>Fósforo</b>								
Consumo (g/dia)	3,8590	5,3058	6,0737	6,4542	6,6781	0,1872	<0,0001	0,0842
Fezes (g/dia)	2,4093	3,1155	3,4310	3,0550	3,4595	0,8322	0,2579	0,5583
Urina (g/dia)	0,0018	0,0029	0,0027	0,0019	0,0029	0,0003	0,5200	0,7852
Absorção (g/dia)	1,2028	2,1903	2,6427	3,0940	3,2186	0,8700	0,0038	0,3493
Absorvido (%)	31,665	41,640	41,747	46,713	46,687	3,0101	0,0738	0,4999
Retido (g/dia)	1,2011	2,1875	2,6400	2,8859	3,2156	0,8690	0,0038	0,3492
Retido (%) <sup>4</sup>	31,614	41,587	41,703	46,682	46,641	3,0109	0,0735	0,4994
Retido (%) <sup>5</sup>	99,951	99,849	99,927	99,920	99,866	0,0118	0,9275	0,3093
<b>Magnésio</b>								
Consumo (g/dia)	1,5006	3,5095	5,4673	7,4229	7,8831	0,1980	<0,0001	0,1323
Fezes (g/dia)	1,3052	2,1626	2,9452	3,1019	2,9499	0,1774	0,0437	0,3196
Urina (g/dia)	0,0059	0,0111	0,0123	0,0152	0,0207	0,0009	<0,0001	0,7668
Absorção (g/dia)	0,1953	1,3469	2,5221	4,3210	4,9332	0,1685	0,0004	0,6927
Absorvido (%)	12,910	38,493	46,918	58,212	62,579	3,4459	0,0043	0,2156
Retido (g/dia)	0,1830	1,3358	2,5098	4,3058	4,9125	0,4100	0,0004	0,6925
Retido (%) <sup>4</sup>	19,245	38,179	46,648	58,007	62,316	3,4449	0,0042	0,2130
Retido (%) <sup>5</sup>	85,246	98,941	99,024	99,648	99,580	1,0653	0,0013	0,1631
<b>Potássio</b>								
Consumo (g/dia)	11,971	18,811	26,324	28,487	31,904	0,7079	<0,0001	0,0676
Fezes (g/dia)	0,9260	0,1928	0,2008	0,1167	0,0940	0,0235	0,0165	0,0935
Urina (g/dia)	0,2390	0,5227	0,6411	1,2424	1,3375	0,0599	<0,0001	0,8820
Absorção (g/dia)	11,045	18,618	26,123	30,062	31,810	0,9424	<0,0001	0,0533
Absorvido (%)	91,469	98,990	99,227	99,613	99,681	0,4613	0,0226	0,0763
Retido (g/dia)	10,806	18,095	25,482	28,819	30,472	1,7200	<0,0001	0,0540
Retido (%) <sup>4</sup>	89,381	96,198	96,608	95,496	95,241	0,6202	0,1038	0,0538
Retido (%) <sup>5</sup>	97,687	97,180	97,361	95,865	95,544	0,2637	0,0076	0,5410
<b>Sódio</b>								
Consumo (g/dia)	1,6164	2,0848	2,2946	2,4233	2,4349	0,0757	0,0072	0,1825
Fezes (g/dia)	0,3171	0,2805	0,2833	0,2771	0,2097	0,0221	0,1356	0,6729
Urina (g/dia)	0,0812	0,1299	0,4192	0,2615	0,4358	0,0439	0,0324	0,6259
Absorção (g/dia)	1,2992	1,8042	2,0113	2,1462	2,2252	0,0715	0,0032	0,2016
Absorvido (%)	80,310	86,570	85,886	88,997	91,241	1,2835	0,0150	0,6692
Retido (g/dia)	1,2180	1,6743	1,5921	1,8847	1,7894	0,1100	0,0813	0,3913
Retido (%) <sup>4</sup>	75,221	80,424	62,617	77,690	73,778	2,2349	0,6967	0,5247
Retido (%) <sup>5</sup>	93,619	92,825	67,560	87,149	81,143	1,9212	0,2857	0,2991

<sup>l</sup>P < 0,05; <sup>2</sup>Matéria Seca; <sup>3</sup>Matéria Mineral; <sup>4</sup>ingerido; <sup>5</sup>absorvido



O aumento na excreção fecal do Ca é um reflexo do aumento no consumo dos mesmos, como também da forma que o mesmo se apresenta no lúmen intestinal. O cálcio presente nas dietas com maior nível de palma provavelmente encontram-se quelatados com o oxalato, na forma de oxalato de cálcio, aumentando a sua excreção nas fezes. Disponibilizando uma menor quantidade de Ca para ser absorvido, quanto menor a disponibilidade do cálcio maior a eficiência na sua absorção, pelo aumento da produção da forma ativa da vitamina D nos rins que irá auxiliar na absorção intestinal do Ca e do P.

A absorção nos tratamentos com maior inclusão de palma foi acima de 50%, sendo alta tendo em vista que essa absorção costuma ser menor que 50%, dependendo da alimentação (ALMEIDA, 2016). A presença do oxalato na palma no presente estudo influenciou positivamente na absorção do Ca.

A presença do Mg na palma fez com que aumentasse o consumo deste macromineral e a sua absorção. Mesmo a palma possuindo níveis altos de K, que interfere na absorção do Mg, quando se faz a relação do consumo de K: Mg em g/dia nos tratamentos experimentais, encontrasse abaixo da relação ideal para ovino preconizada pelo NRC (2007), que é de 4,88, não havendo influencia do K no metabolismo do Mg.

A redução na excreção fecal do K aumentou a sua taxa de absorção, quantidades mínimas de potássio são excretadas pelas fezes e suor, sendo os rins os principais responsáveis pela excreção e regulação do balanço de potássio (CUPPARI & BAZANELLI, 2010). O aumento na excreção urinária de K no presente estudo é um mecanismo ativado pela alta relação K: Na nas dietas com maior nível de palma, chegando a 14:1.

O K utilizado na farmacologia tradicional como diuréticos, atribuindo-se o efeito diurético observado em animais alimentados com palma, às altas concentrações de K presente na mesma (PEDRO NETO *et al.*, 2016), em drogas e plantas com atividade diuréticas há uma alta relação de K:Na, variando de 5:1 a 615:1 (SZENTMIHÁLYI *et al.*, 1998).

Em todas as dietas experimentais a oferta de Na esteve acima das exigências, preconizada pelo NRC (2007), para ovinos em manutenção, que é de 0,06g/kg de MS, estando bem abaixo do nível considerado tóxico de acordo com o NRC (2005) para a espécie que é de 40 g/kg de MS, não influenciando no Na retido.

Há uma correlação negativa com entre a ingestão do Na e excreção do K, quanto menor a ingestão do Na maior a excreção do K. O aumento na ingestão do K com o consumo da palma, promoveu a liberação da aldosterona, aumentando a atividade da bomba ( $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATPase}$ ) estimulando a reabsorção renal do Na e aumentando a excreção do K pela urina. O aumento no consumo de água nos animais no presente estudo foi elevado, em condições de excesso de água corporal, a sede é inibida e a hipófise diminui acentuadamente a síntese de ADH, permitindo que os rins excretem o excesso de água na urina, ao excretar a água o rim também excretará alguns solutos como Na e K.

## **5.2. Balanço hídrico e Volume urinário**

O aumento na ingestão de água pelos ovinos com o aumento nos níveis de palma, possivelmente, ocorreu devido à palma possuir em sua composição elevado teor de umidade, o que irá contribuir com uma maior ingestão de água via alimento para os animais, consequentemente suprimindo parte das exigências, e assim, diminuindo o consumo voluntário de água (Tabela 6). Os valores encontrados no presente estudo coincidem com os encontrados por Cordeiro (2012), que trabalhou com palma *Opuntia* em substituição ao feno de Buffel na dieta de ovinos Santa Inês.

O aumento na produção de água metabólica com o aumento nos níveis de palma pode ser explicado pela obtenção da água que ocorre através do próprio metabolismo dos nutrientes, sendo importante para a economia de água do corpo do animal. As cactáceas, de modo geral, apresentam baixo teor de lipídios e altas quantidades de carboidratos, que ao serem fermentados no rúmen aumenta a produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), que ao serem oxidados resulta em uma produção de 67 a 93 g de água por 100g de AGCC produzidos (BERCHIELLI, 2006).

Tabela 6- Balanço hídrico em ovinos, alimentados com palma Orelha-de-Elefante mexicana em substituição ao feno de Buffel

Parâmetros	Níveis de palma Orelha-de-Ellefante mexicana (g/kg de MS)					EPM	<i>P-Valor</i>	
	0	121	245	371	500		L	Q
Ingestão de água								
Bebida (kg/dia)	2,1292	1,2438	0,2230	0,0378	0,0160	0,040	<0,0001	0,0001
Bebida (g/kg <sup>0,75</sup> )	93,533	56,993	10,016	1,7466	0,7556	1,400	<0,0001	<0,0001
Dieta (kg/dia)	0,1085	1,4539	3,1451	4,2382	5,4535	0,110	<0,0001	0,4255
Dieta (g/kg <sup>0,75</sup> )	4,8141	66,897	139,28	194,92	254,36	4,180	< 0,0001	0,5497
Metabólica (g/dia)	633,54	738,37	866,91	814,16	839,97	28,97	0,0386	0,1884
Metabólica (g/kg <sup>0,75</sup> )	28,1252	33,886	38,439	37,488	39,126	1,100	0,0085	0,1693
Consumo total (kg)	2,9201	3,4901	4,3001	5,1601	6,3801	0,160	< 0,0001	0,2702
Consumo total (g/kg <sup>0,75</sup> )	128,71	160,46	190,79	237,14	297,37	5,550	< 0,0001	0,4539
Excreção de água								
Fezes (g/dia)	126,71	144,57	204,47	211,30	241,98	14,70	0,0278	0,8228
Fezes (g/kg <sup>0,75</sup> )	5,6728	6,6220	9,0335	9,6886	11,457	0,660	0,0186	0,9588
Urina (g/dia)	354,44	714,36	816,11	863,73	1296,10	56,00	0,0003	0,8740
Urina (g/kg <sup>0,75</sup> )	15,593	32,880	37,042	40,632	60,878	2,710	0,0005	0,8509
Exc. Total (g/dia)	481,15	858,92	1020,58	1075,03	1538,1	48,83	<0,0001	0,9181
Exc. Total (g/kg <sup>0,75</sup> )	21,266	39,502	46,076	50,321	72,336	2,460	<0,0001	0,8551
Balanço Hídrico								
BH (kg/dia)	0,4769	0,2864	0,3910	0,6217	0,5650	0,080	0,4645	0,6568
BH (g/kg <sup>0,75</sup> )	20,892	13,089	16,503	27,730	25,743	3,601	0,4343	0,6163

Os valores encontrados no presente estudo sobre a redução no consumo voluntário de água corroboram com os valores encontrados por Andrade-Montemayor *et al.* (2011); Ben Salem (2010); Costa *et al.* (2009); Abidi *et al.* (2009) e Santos (2008), em que houve uma diminuição no consumo de 2,11 kg/dia de água, por pequenos ruminantes alimentados com cactáceas.

O aumento na excreção fecal e urinária de água é reflexo da ingestão total deste nutriente com o aumento dos níveis de palma na dieta. A presença do oxalato na palma causa efeito laxativo ao animal, elevando a produção de fezes amolecidas, aumentando a excreção fecal de água.

O aumento no volume urinário com a inclusão da palma na dieta é uma maneira de manter o balanço hídrico no organismo do animal (Tabela 7). A ingestão elevada de água com o consumo da palma que inibe a liberação do hormônio antidiurético (ADH) pela neuro-hipófise, o qual é responsável pela reabsorção de água nos túbulos renais, a diminuição na sua secreção resulta no aumento da excreção da água pela urina (Klein, 2014). Os valores encontrados no presente estudo estão próximos aos encontrados por Santos (2008), de 4,90 L/dia quando utilizado a palma na dieta.

Tabela 7 - Volume urinário de ovinos alimentados com palma Orelha-de-Elefante mexicana em substituição ao feno de Buffel

Variável	Níveis de palma Orelha-de-Elefante mexicana (g/kg de MS)					EPM	P-Valor	
	0	121	245	371	500		L	Q
Volume Urinário								
VU <sup>1</sup>	1132,7	2263,4	2551,8	2657,4	4009,4	175,65	0,0004	0,8828
VU <sup>2</sup>	398,17	804,97	903,10	955,04	1454,9	61,960	0,0004	0,8828
TFU <sup>3</sup>	0,7866	1,5718	1,7721	1,8454	2,7843	0,1201	0,0004	0,8828

<sup>1</sup> volume urinário (ml/dia); <sup>2</sup>volume urinário (ml/dia/PV<sup>0,75</sup>); <sup>3</sup> taxa de formação de urina (ml/min)

### 5.3. Perfil Sanguíneo

Os valores séricos de glicose (Tabela 8) não foram influenciados pela substituição do feno de Buffel pela palma na dieta e encontram-se dentro dos valores considerados normais preconizados por Kaneko (2008), que varia de 2,78-4,44 mmol/L.

O teor de glicose sanguínea tem pouca variação em ruminantes, devido ao eficiente mecanismo homeostático do organismo animal, os quais envolvem o controle endócrino por parte da insulina e do glucagon sobre o glicogênio e dos glicocorticoides sobre a gliconeogênese (Nelson & Cox, 2014). A dieta pouco influencia a glicemia em função desse mecanismo homeostático, exceto em animais com severa desnutrição.

O comportamento quadrático do BHB pode está relacionado com o aumento na produção ruminal do butirato e acetato. Dietas com alto nível de palma tendem a elevar a produção de AGCC totais e normalmente o BHB plasmático provém da fermentação ruminal uma vez que o butirato e acetato, absorvidos pelo epitélio ruminal são convertidos em acetoacetato e BHB (LIPINSKI, 2013).

O baixo nível sérico do colesterol, no presente estudo, pode está relacionado com o baixo teor lipídico nas dietas. A palma possui baixo teor de lipídios, o que pode ocasionar diminuição no colesterol dos animais quando alimentados com níveis elevados da mesma. Araújo *et al.* (2012) também encontrou valores baixos (1,21 mmol/L) de colesterol em ovinos alimentados com palma. Porém a ingestão de palma aumenta a produção dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), que representam a principal fonte de energia para o animal, diminuindo a utilização dos lipídios ingeridos na dieta como fonte de energia.

Tabela 8 - Metabolismo energético, proteico, mineral e atividade enzimática de ovinos alimentados com palma Orelha-de-Elefante mexicana em substituição ao feno de Buffel

Parâmetros	Referência KANEKO, 2008	Níveis de palma Orelha-de-Elefante mexicana (g/kg de MS)					EPM	<i>P-Valor</i> <sup>-1</sup>	
		0	121	245	371	500		L	Q
Energético									
Glicose (mmol/L)	2,78-4,44	2,844	2,723	2,820	2,956	2,748	0,072	0,9276	0,7789
BHB (mmol/L) <sup>1</sup>	0,55	0,367	0,423	0,450	0,435	0,407	0,017	0,2760	0,0413
NEFA (mmol/L)	n.d	0,481	0,745	0,362	1,231	0,422	0,114	0,7218	0,4401
Colesterol (mmol/L)	1,35-1,97	1,204	1,190	1,238	1,165	1,240	0,053	0,8647	0,8642
Triglicerídeos (mmol/L)	n.d	0,167	0,149	0,185	0,154	0,175	0,008	0,6523	0,8514
Frutosamina (μmol/L )	n.d	196,1	190,1	187,2	195,8	194,9	3,921	0,8854	0,4559
Proteico									
Albumina (μmol/L)	347,76-434,7	299,2	293,5	274,09	300,26	295,10	8,671	0,9844	0,4729
Ureia (mmol/L)	2,86-7,14	8,104	7,869	7,898	7,997	6,974	0,252	0,1141	0,2896
Creatinina (μmol/L)	106-168	67,63	61,17	61,31	63,26	60,78	2,257	0,4010	0,5487
Proteína total (g/L)	60-79	66,35	62,99	62,53	68,08	64,34	2,155	0,9211	0,7158
Ácido Úrico (μmol/L)	0-113,05	1,154	1,868	1,856	3,225	1,202	0,273	0,7181	0,1057
Mineral									
Ca (mmol/L)	2,88-3,20	2,183	2,204	2,137	2,043	2,134	0,065	0,5768	0,8228
K (mEq/L)	3,9-5,4	3,218	3,275	3,516	3,527	3,373	0,064	0,2579	0,2497
P (mmol/L)	1,61-2,35	1,348	1,230	1,390	2,092	1,359	0,114	0,8078	0,8029
Mg (mmol/L)	0,31-0,90	0,774	0,786	0,855	0,935	0,848	0,034	0,0601	0,2675
Na (mEq/L)	139-152	146,0	143,4	139,3	144,5	138,2	2,756	0,4395	0,9393
Enzimático									
FA (U/L)	68-387	139,1	145,2	170,8	154,2	151,3	12,80	0,5428	0,3462
GGT (U/L)	20-52	43,89	48,18	44,80	48,03	46,02	1,856	0,6822	0,6083
AST (U/L)	60-280	64,68	61,96	65,45	62,75	63,23	2,850	0,8427	0,9342

Os baixos níveis séricos de albumina é um indicativo de déficit alimentar nas fontes proteicas, doença renal e função hepática. Porém esse efeito só é observado numa dieta de longo prazo, quando um animal consome uma dieta por no mínimo um mês, diferente dos animais experimentais que consumiram a dieta experimental por um período curto.

A elevada concentração sanguínea de uréia é reflexo do aporte protéico na ração e da relação energia-proteína da dieta, bem como resultado da absorção de amônia do rúmen. A elevação sérica de ureia, não acompanhada pela elevação das taxas de creatinina, que se mantiveram baixas decorrentes de alterações fisiológicas ou alimentares, não tem efeito patológico.

Já o nível baixo sérico de creatinina pode ser consequência do aumento da ingestão de água com a presença da palma. Esse maior aporte de água pode ter resultado no aumento no volume hídrico corpóreo e consequentemente causado hemodiluição na creatinina. Araújo *et al.* (2012) e Silva *et al.* (2011) também encontraram valores baixos de creatinina em ovinos consumindo palma.

Os baixos níveis séricos de cálcio e fósforo podem está relacionados à intensa regulação hormonal feita por interações entre o PTH, vitamina D e a Calcitonina. A dieta fornecida com altos níveis de cálcio pode ter no início do seu fornecimento elevado os níveis de cálcio séricos, através do aumento na sua absorção desencadeando a liberação da calcitonina que por prover a deposição óssea e excreção urinária do cálcio levou a uma redução no cálcio sérico. A presença da calcitonina reduziu o PTH, com ausência do PTH, houve uma hipofosfatemia.

As atividades enzimáticas representadas pela FA, GGT e AST não sofreram influência das dietas, sugerindo que o acréscimo da ingestão de palma não provocou lesões às células hepáticas.

#### **5.4. Função renal**

O aumento na ingestão de água com o consumo da palma elevou o volume urinário e a excreção de água pela urina, produzindo uma urina mais diluída, diminuindo a concentração da creatinina urinária (Tabela 9).

A diminuição da concentração do fosforo na urina com a adição da palma na dieta está relacionada à hipofosfatemia, aumentando a sua reabsorção renal. Já o aumento na concentração de K na urina é explicado pelo aumento na absorção desse mineral, sendo o excesso excretado na urina.

Tabela 9- Concentração urinária de creatinina, ureia e minerais, índice de excreção urinária e fracional de ureia e minerais em ovinos alimentados com palma Orelha-de-Elefante mexicana em substituição ao feno de Buffel

Parâmetros	Níveis de palma Orelha-de-Elefante mexicana (g/kg de MS)					EPM	P-Valor	
	0	121	245	371	500		L	Q
Urina								
Ureia <sup>1</sup>	512,03	394,52	503,73	308,09	250,19	42,31	0,0920	0,6586
Creatinina <sup>1</sup>	9473,7	5819,5	6781,8	3824,7	3408,1	617,8	0,0368	0,7099
Ca (mmol/L)	0,7204	0,5564	0,5377	0,6654	0,6917	0,0402	0,8701	0,2210
P (mmol/L)	0,4671	0,4033	0,3226	0,2764	0,2346	0,0324	0,0506	0,7910
Mg (mmol/L)	2,1143	2,0140	1,9769	2,1532	2,1325	0,017	0,2130	0,1108
K(mg/L)	2077,4	2378,3	2513,3	4092,6	3499,8	714,95	0,0087	0,7937
N (mg/L)	786,86	561,56	1566,4	822,43	996,50	124,05	0,4653	0,3766
Índice de excreção urinária (mmol/L)								
Creatinina	22,608	21,804	22,406	21,089	21,426	0,3523	0,2419	0,8908
Ureia	1,2229	1,4590	1,8875	1,6906	1,5544	0,0853	0,1956	0,0934
Cálcio	0,0040	0,0022	0,0022	0,0042	0,0048	0,0004	0,4009	0,2084
Fósforo	0,0013	0,0015	0,0012	0,0016	0,0016	0,0001	0,5934	0,8613
Magnésio	0,0181	0,0079	0,0086	0,0137	0,0151	0,0020	0,9932	0,2980
Potássio	5,2827	4,7260	4,2550	5,7461	6,8271	0,5851	0,4437	0,4223
Sódio	54,341	80,448	90,481	78,559	71,228	6,3043	0,5149	0,1302
Taxa de Depuração Endógena de Creatinina								
TDECr (ml/min/PV <sup>0,75</sup> ) <sup>3</sup>	2,2415	2,3755	2,4071	2,2826	2,4010	0,0823	0,6514	0,7566
Taxa de Excreção Fracional (%)								
Ureia	45,906	46,250	62,908	62,790	65,527	3,5547	0,0225	0,6115
Cálcio	0,5471	0,2762	0,2706	0,7853	0,6384	0,0775	0,4014	0,4549
Fósforo	0,3029	0,3534	0,2488	0,2914	0,3249	0,0281	0,9474	0,7006
Magnésio	6,8963	2,7846	2,6127	5,1332	5,4108	1,8367	0,9535	0,2813
Potássio	4,8025	3,9792	2,9193	4,9518	5,7523	0,4818	0,5464	0,2843
Sódio	0,0141	0,0022	0,0032	0,00245	0,0037	0,0014	0,2971	0,2860

<sup>1</sup> mmol/L; <sup>2</sup> g/L; <sup>3</sup> Taxa de Depuração Endógena de Creatinina



A não variação no índice de excreção urinária dos minerais (cálcio, fósforo e magnésio), com a substituição do feno de Buffel pela palma, é justificada devido a principal via de excreção de esses minerais serem pelas fezes, sendo muito baixa a excreção dos mesmos na urina.

A elevação da taxa de excreção de ureia nos tratamentos com palma em relação ao tratamento somente com feno de Buffel é explicada, pelo fato de animais alimentados com palma haver uma tendência em elevar a taxa de excreção fracional da ureia, devido ao maior volume de água na urina provocando aumento na pressão peritubular, taxas aumentadas do fluxo urinário são acompanhadas por aumento na quantidade de uréia excretada na urina. Pedro neto *et al.* (2016) também encontrou aumento na excreção de ureia em ovinos consumindo palma in natura.

## **6. CONCLUSÃO**

A palma Orelha-de-Elefante pode substituir o feno de capim Buffel em até 500 g/kg de MS na dieta sem alterar o balanço de macrominerais, perfil sanguíneo e a função renal de ovinos.

## 7. REFERÊNCIAS

ABIDI, S.; BEN SALEM, H.; VASTA, V.; PRIOLO, A. Supplementation with barley or spineless cactus (*Opuntia ficus indica* f. *inermis*) cladodes on digestion, growth and intramuscular fatty acid composition in sheep and goats receiving oaten hay. **Small Ruminant Research**, v. 87, n. 1, p. 9-16, 2009.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.09.004>

ALLISON, M. J.; COOK, H. M. Oxalate Degradation by Microbes of the Large Bowel of Herbivores: **The Effect of Dietary Oxalate**. Science (Washington, D.C.), 212, 675-676, 1981.

DOI: 10.1126/science.7221555

ALLISON, M. J.; COOK, H. M.; MILNE, D. B.; GALLAGHER, S.; CLAYMAN R. V. Oxalate Degradation by Gastrointestinal Bacteria from Humans. **The Journal of Nutrition**, v. 116, p. 455-460, 1986.

DOI: <https://doi.org/10.1093/jn/116.3.455>

ALMEIDA FILHO, S. L. **Minerais Para Ruminantes**. Uberlandia: EDUFU, 2016. 138p.

ANDRADE-MONTEMAYOR, H. M.; CORDOVA-TORRES A. V.; GARCÍA-GASCA, T.; KAWAS, J. R. Alternative foods for small ruminants in semiarid zones, the case of Mesquite (*Prosopis laevigata* spp.) and Nopal (*Opuntia* spp). **Small Ruminant Research**, v.98, n.1.p.83-92,2011.

DOI:10.1016/j.smallrumres.2011.03.023.

AOAC. CUNIFF, Pe. **Official methods of analysis of AOAC International**. AOAC International, 1997.

AOAC. CUNIFF, Pe. **Official methods of analysis of AOAC International**. AOAC International, 1990.

ARAÚJO, Cíntia Mirely. **Avaliação nutricional de dietas utilizando palma Orelha-de-Elefante mexicana em substituição parcial ao feno de buffel na alimentação de caprinos e ovinos.** Areia, 2017. 74 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2017.

ARAÚJO, G. G. L.; VOLTOLINI, T. V.; CHIZZOTTI, M. L.; TURCO, S. H. N.; CARVALHO, F. F. R. Water and small ruminant production. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.326-336, 2010.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982010001300036>

ARAÚJO, Renaldo Fernandes Sales da Silva. **Avaliação nutricional e função renal de ovinos alimentados com feno de erva-sal (*Atriplex nummularia* L) e farelo de milho em substituição a palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill).** Recife: 2009. 46f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Zootecnia – Recife, Pernambuco, 2009.

ARAÚJO, P. B.; ANDRADE, R. P. X.; FERREIRA, M. A.; BATISTA, A. M. V.; CARVALHO, C. C. D.; SOARES, P. C. Efeito da substituição do feno de capim tifton (*Cynodon spp.*) por casca de mamona (*Ricinus communis*) em dietas a base de palma forrageira (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dick) sobre o metabolismo energético, protéico e mineral em ovinos. **Rev. Bras. Med. Vet.** v. 34, n. 4, p. 327-335, out/dez 2012.

BATISTA, A. M. V.; RIBEIRO NETO, A. C.; LUCENA, R. B.; SANTOS, D. C.; DUBEUX JR, J.; MUSTAFA, A.F. Chemical Composition and Ruminant Degradability of Spineless Cactus Grown in Northeastern Brazil. **Rangeland Ecology & Management**. v. 62(3):297-301. 2009.

DOI: <http://dx.doi.org/10.2111/07-099R1.1>

BATISTA, A. M.V.; MUSTAFA, A. F.; MCALLISTER, T.; WANG, Y.; SOITA, H.; MCKINNON, J. J. Effects of variety on chemical composition, in situ nutrient disappearance and in vitro gas production of spineless cacti. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v. 83, p. 440 – 445, 2003.

DOI: 10.1002/jsfa.1393.

BEHNAM, J. T.; WILLIAMS, E. L.; BRINK, S.; RUMSBY, G.; DANPURE, C. J. Reconstruction of human hepatocyte glyoxylate metabolic pathways in stably transformed Chinese-hamster ovary cells. **Biochemical Journal**, v. 394, n. 2, p. 409-416, 2006.

DOI: 10.1042/BJ20051397

BEN SALEM, H.; NEFZAOU, A.; BEM SALEM, L. *Opuntia ficus-indica* F. *inermis* and *Atriplex nummularia* L.: Two Complementary Fodder Shrubs for Sheep and Goats. **Acta Horticulturae**. V. 581, ISHS 2002.

BEN SALEM, H.; ABDOULI, H.; NEFZAOU, A.; EL-MASTOURI, A.; BEN SALEM, L. Nutritive value, and growth of Barbarine lambs fed on oldman saltbush (*Atriplex nummularia* L.) and supplemented or not with barley grains or spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* f. *inermis*) pads. **Small Ruminant Research**. V. 59, p. 229–237, 2005.

DOI:10.1016/j.smallrumres.2005.05.010

BEN SALEM, H.; NEFZAOU, A.; ABDOULI, H. *et al.* Effect of increasing level of spineless cactus (*Opuntia ficus indica* var. *inermis*) on intake and digestion by sheep given straw-based diets. **Animal Science**, v. 62, n. 02, p. 293-299, 2010.

DOI: 10.1017/S1357729800014600.

BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006. 583 p. 28 cm.

BLANEY, B. J.; GARTNER, R. J. W.; HEAD, T. A. The effects of oxalate in tropical grasses on calcium, phosphorus and magnesium availability to cattle. **Journal of Agricultural Science**. v. 99, p.533-539, 1982.

DOI: <https://doi.org/10.1017/S0021859600031208>

BLOCK, E. Manipulation of Dietary Cation-Anion Difference on Nutritionally Related Production Diseases, Productivity, and Metabolic Responses of Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**. v. 77, n. 05, 1994.

DOI: [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77082-X](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77082-X)

BRITO, A. S.; NOBRE, F. V.; FONSECA, J. R. R. **Bovinocultura leiteira:** informações técnicas e de gestão. SEBRAE/RN, 320 p. Natal, 2009.

CARNEIRO, W. P.; RAMOS, J. P.F.; PIMENTA FILHO, E. C.; MOURA, J. F. P. Utilização de Carboidratos não Fibrosos na Alimentação de Cabras Leiteiras: Composição e Perfil Lipídico. **Rev. Cient. Prod. Anim.**, v.17, n.1, p.50-60, 2015.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.15528/2176-4158/rcpa.v17n1p50-60>

CAVALCANTE, L. A. D.; SANTOS, G. R. A.; SILVA L. M.; , FAGUNDES, J. L.; SILVA, M. A. Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. e-ISSN 1983-4063 - [www.agro.ufg.br/pat](http://www.agro.ufg.br/pat) - **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 4, p. 424-433, out./dez. 2014.

CAVALCANTI, M. C. A.; BATISTA, A. M. V.; GUIM, A.; LIRA, M. A.; RIBEIRO, V. L.; RIBEIRO NETO, A. C. Consumo e comportamento ingestivo de caprinos e ovinos alimentados com palma gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill) e palma Orelha-de-Elefante (*Opuntia* sp.). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. Maringá, v. 30, n. 2, p. 173-179, 2008.

CAVALHEIROS, A. C. L.; TRINDADE, D. S.; **Os minerais para bovinos e ovinos criados em pastejo**. Porto Alegre: Sagra: DC Luzzatto, 142 p. 1992.

CHEN, X. B.; MATHIESON, J.; DEB HOVEL, F D.; REEDS, P. J. Measurement of Purine Derivatives in Urine of Ruminants Using Automated Methods. **Journal of The Science of Food and Agriculture**. v. 53, p. 23-33, 1990.  
DOI: 10.1002/jsfa.2740530104

CHURCH, D. C. Digestive physiology and nutrition of ruminants: **digestive physiology**. 2nd ed. Corvallis: O & B Books Publishing, p.349, 1976.

CORDEIRO, Ana Gabriela Pombos Celles. **Associação do feno de capim buffel com palma forrageira na alimentação de ovinos da raça Santa Inês**. Areia, 2012. 96 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal da Paraíba – Areia – PB, 2012.

CORDOVA-TORRES, A. V.; MENDONZA-MENDONZA, J. C.; BERNAL-SANTOS, G.; GARCÍA-GASCA, T.; KAWAS, J.R.; COSTA, R.G.; MONDRAGON JACOBO, C ANDRADE-MONTEMAYOR, H.M. Nutritional Composition, in vitro Degradability and Gas Production of *Opuntia ficus indica* and Four Other Wild Cacti Species. **Life Science Journal**, v. 12, n. 2s, 2015.

ISSN: 1097-8135.

COSTA, R. G.; FILHO, E. M. B.; MEDEIROS, A. N.; GIVISIEZ, P. E. N.; QUEIROGAC, R. C. R. E.; MELO, A. A. S. Effects of increasing levels of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L. Miller) in the diet of dairy goats and its contribution as a source of water. **Small Ruminant Research**. V. 82. P 62–65. 2009.

DOI: 10.1016/j.smallrumres.2009.01.004

CUPPARI, L.; BAZANELLI, A. P. Potássio. **ILSI Brasil International Life Sciences Institute do Brasil**, 2010. (Serie de publicações ILSI Brasil: Funções Plenamente Reconhecidas de Nutrientes).

DEL CLARO, G. R.; ZANETTI, M. A.; CORREA, L. B.; SARAN NETTO, A.; PAIVA, F. A.; SALLES, M. S. V. Balanço cátion-aniônico da dieta no metabolismo de cálcio em ovinos. **Ciência Rural, Santa Maria**, v.36, n.1, p.222-228, jan-fev, 2006. ISSN 0103-8478.

DEWHURST, J. K.; HARRISON, F. A.; KEYNES, R. D. Renal Excretion of Potassium in the Sheep. **Journal of Physiology**. V. 195, p. 609-621, 1968.

DOI: 10.1113/jphysiol.1968.sp008476

DIJCKER, J. C.; HAGEN-PLANTINGA, E. A.; HENDRIKS, W. H. Changes in dietary macronutrient profile do not appear to affect endogenous urinary oxalate excretion in healthy adult cats. **The Veterinary Journal**. v. 194, n. 2, p. 235-239, 2012.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tvjl.2012.03.029>

DIRKSEN, G.; BREITNER, W. A New Quick-Test for Semi quantitative Determination of Beta-Hydroxybutyric Acid in Bovine Milk. **Journal of Veterinary Medical Science**. v. 40, n. 1-10, p. 779-784, 1993.

DOI: 10.1111/j.1439-0442.1993.tb00694.x

EBEL, H.; GÜNTHER, T. Magnesium metabolism: a review. **Clinical Chemistry and Laboratory Medicine**. V. 18, N.5, P.257-270, 1980.

DOI: <https://doi.org/10.1515/cclm.1980.18.5.257>

GARRY, F. et al. Renal excretion of creatinine, electrolytes, protein, and enzymes in healthy sheep. **Animal Journal Veterinary Research**. v.51, n.3, p. 414-419. 1990.

GONZÁLEZ, F. H. D. **Uso de provas de campo e laboratório clínico em doenças metabólicas e ruminais dos bovinos**. Porto Alegre – Rio Grande do Sul. 60 p. 2000.

GONZÁLEZ, F. H. D. **Avaliação metabólico-nutricional de vacas leiteiras por meio de fluídos corporais (sangue, leite e urina)**. Porto Alegre – Rio Grande do Sul. 72 p. 2001.

GOUVEIA, L. N. F.; MACIEL, M. V., SOARES, P. C.; S. NETO, I. F.; GONÇALVES, D. N. A.; BATISTA, A. M. V.; CARVALHO, F. F. R. Perfil metabólico de ovinos em crescimento alimentados com dietas constituídas de feno ou silagem de maniçoba e palma forrageira. **Pesquisa Veterinária Brasileira**. v. 35(Supl.1): p. 5-9, dezembro 2015.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-736X2015001300002>

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. Formação da Urina pelos Rins. In - **Tratado de Fisiologia Médica**. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002, p. 265 - 358.

HALL, M.B. **Neutral detergent-soluble carbohydrates**. Nutritional relevance and analysis. Florida: University of Florida, 2000.

HAYSLETT, J. P.; BINDER, H. J. Mechanism of potassium adaptation. **Journal Physiol**. V. 243 (Renal Fluid Electrolyte Physiol. 12): P. 103 – 112, 1982.



HENRIQUES, L. C. S.; GREGORY, L.; RIZZO, H.; HASEGAWA, M. Y.; MEIRA JR, E. B. S. Avaliação dos fatores etários sobre a função renal de ovelhas Santa Inês. **Pesquisa Veterinária Brasileira**. v. 36, n. 7, p. 642-646, julho 2016. DOI:10.1590/S0100-736X2016000700014.

JUSTICE, K. E. Oxalate digestibility in *Neotoma albigula* and *Neotoma mexicana*. **Oecologia**, v. 67, n. 2, p. 231-234, Set. 1985.  
DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00384290>

KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. (Ed.). **Clinical biochemistry of domestic animals**. Academic press, 2008.

KLEIN, B. G. Fisiologia renal. In: CUNNINGHAM, J. G; KLEIN, B. G. **Tratado de Fisiologia Veterinária**. 5º edição. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. P. 1159-1180. Il. 27 cm.

KOZLOSKI, G. V.; FIORENTINI, G.; HÄRTER, C. J.; SANCHEZ, L. M. B. Uso da creatinina como indicador da excreção urinária em ovinos. **Ciência Rural**, v. 35, n. 1, p. 98-102, 2005.  
ISSN 0103-8478

LIBERT, B.; FRANCESCHI, V. R. Oxalate in Crop Plants. **Journal Agricultural and Food Chemistry**. V. 35, p. 926-938, 1987.  
DOI: 10.1021/jf00078a019.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v. 57, n. 4, p. 347-358, 1996.

LIPINSKI, Leandro Cavalcante. **Perfil metabólico de bovinos de corte da raça Purunã**. 2013. 124f.: il Tese (Doutorado)- Universidade de São Paulo, Faculdade de medicina Veterinária e Zootecnia, Departamento de Clínica Médica, São Paulo, 2013.

LOPES, E. B.; BRITO, C. H; ALBUQUERQUE, I. C.; BATISTA, J. L. Seleção de genótipos de palma forrageira (*opuntia spp.*) e (*nopalea spp.*) resistentes à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius opuntiae* cockerell, 1929) na Paraíba, Brasil. **Engenharia Ambiental** - Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 1, p. 204-215, jan./mar. 2010.

MARAIS, J. P.; BARNABAS, A. D.; FIGENSCHOU, D. L. Effect of calcium nutrition on the formation of calcium oxalate in kikuyugrass. In: **Proceedings of the XVIII International Grassland Congress, Canada**. p. 45. 1997.

MARTENS, H; SCHWEIGEL, M. Pathophysiology of grass tetany and other hypomagnesemias: implications for clinical management. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 16, n. 2, p. 339-368, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0749-0720\(15\)30109-2](https://doi.org/10.1016/S0749-0720(15)30109-2)

MARTÍN-TERESO, J.; MARTENS, H. Calcium and magnesium physiology and nutrition in relation to the prevention of milk fever and tetany (dietary management of macrominerals in preventing disease). **Veterinary Clinics: Food Animal Practice**, v. 30, n. 3, p. 643-670, 2014.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cvfa.2014.07.007>

MENDONÇA JÚNIOR, A. F.; Braga, A. P.; Rodrigues, A. P. M. S.; Sales, L. E. M.; Mesquita, H. C. **Minerais: Importância de uso na dieta de ruminantes**. Patos-PB: ACSA, 2011. v. 07. n. 01 janeiro/março. p. 01-13.

MENEZES, H. E. A.; MEDEIROS, R. M.; COSTA NETO, F. A.; CABRAL, D. E. C., SILVA, L. L. **Variabilidade da precipitação em Areia - Paraíba, Brasil, entre 1974 –2013**. 9º CONGRESSO DE EDUCAÇÃO AGRÍCOLA SUPERIOR, AREIA-PB, 2014.

MICHELL, A. R. Plasma potassium and sodium appetite; the effect of potassium infusion in sheep. **British Veterinary Journal**. V. 134, P. 217 – 224, 1978.

DOI: [https://doi.org/10.1016/S0007-1935\(17\)33486-3](https://doi.org/10.1016/S0007-1935(17)33486-3)

MOKOBOKI, K.; SEBOLA, N. Chemical composition and feed intake of *Opuntia* cladodes varieties offered to goats. **Journal of Animal & Plant Sciences**. v. 32, n. 1, p. 5096-5103, 2017.

MOIR, K.W. The determination of oxalic acid in plants. **Queensland Journal of Agricultural Science**, v.10, n.1, p.1-3, 1953.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL-NRC. **Nutrient requirement of Small ruminants**.1. ed. Washington: NAP, 362p. 2007.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL-NRC. **Nutrient requirement of Small ruminants**. 1. ed. Washington: NAP, 354p. 2005.

NEFZAOU, A., BEN SALEM, H.; *Opuntia spp.* A strategic fooder and efficient tool to compact desertification in WANA region. In: Mondragón-Jacobo, C., Pérez-González, S. (Eds.), *Cactus (Opuntia spp) as Forage*, **Plant Production and Protection Paper**, FAO Rome, Italy v. 169. 2001.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. Artmed Editora, 2014.

NUNES, Poliana Mary Magalhães. **Composição químico-bromatológica e cinética da fermentação do capim buffel (*Cenchrus ciliaris*), associado à algaroba (*Prosopis juliflora*)**. Universidade Federal de Viçosa-MG, fevereiro de 2004.

OLIVEIRA, S. T. Alterações de compostos hidrogenados não – protéicos em cães e gatos. Seminário apresentado na disciplina de **Transtornos metabólicos dos animais domésticos**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

Disponível no site: [www.ufrgs.br/lacvet/?page-id=1487](http://www.ufrgs.br/lacvet/?page-id=1487). 20/10/2017.

PEDREIRA, Raquel Silveira. **Consumo de amido e proteína, excreção de oxalato e características da urina de gatos alimentados com ração seca**. Jaboticabal, 2015 xiv, 60 p.: il.; 28 cm. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e veterinárias, 2015.

PEDRO NETO, J.; SOARES, P. C.; BATISTA, A. M. V.; ANDRADE, S. F. J.; ANDRADE, R. P. X.; LUCENA, R. B.; GUIM, A. Balanço hídrico e excreção renal de metabólitos em ovinos alimentados com palma forrageira (*Nopalea cochenillifera* Salm - Dyck). **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 36, n. 4, p. 322-328, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-736X2016000400012>

PORTILHO, F.P.; VITTI, D. M. S. S.; ABDALLA, A. L.; MCMANUS, C. M.; REZENDE M.J.M., LOUVANDINI, H. Minimum phosphorus requirement for Santa Ines lambs reared under tropical conditions. **Small ruminant research**, v. 63, n. 1, p. 170-176, 2006. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2005.03.006

PUGH, D. G. **Clínica de ovinos e caprinos**. Roca, 2009.

RABINOWITZ, L. Model of homeostatic regulation of potassium excretion in sheep. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**. v. 254 (Regulatory Integrative Comp. Physiol. 23): P. 381 - 388, 1988. DOI: <https://doi.org/10.1152/ajpregu.1988.254.2.R381>

REECE, W. O. Função Renal nos Mamíferos. In: SWENSON, M. J; REECE, W. O. Dukes, **Fisiologia dos Animais Domésticos**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, p.67-96. 2006.

RENNÓ, L. N.; VALADARES, R. F.D.; VALADARES FILHO, S. C.; LEÃO, M. I.; SILVA, J. F. C.; CECON, P.R.; GONÇALVES, L. C.; DIAS, H. L. C.; LINHARES, R. S. Concentração Plasmática de Uréia e Excreções de Uréia e Creatinina em Novilhos. *Rev. bras. zootec.*, 29 (4):1235-1243, 2000.

RIBEIRO, L.; BENEDETTI, E.A importância da qualidade da água na nutrição de ruminantes. *Cadernos de Pós-Graduação da FAZU, Uberaba*, v. 2, 2011. Disponível em: <http://www.fazu.br/ojs/index.php/posfazu/article/viewFile/460/352>. Acesso em: 27 jan. 2018.

ROCHA FILHO, Rubens Ramos. **Palma gigante resistentes à cochonilha do carmim em dietas para ruminantes**. 2012. 74f.; Tese (Doutorado em Zootecnia)- Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Zootecnia, Recife, 2012.

RUFATO, F. H. F.; LAGO, N. C. M. R.; MARCHI, P. G. F. Insuficiência renal em cães e gatos. **Revista Eletrônica da Univar**. ISSN 1984-431X. N. 6, p. 167-173, 2011.

SANDERS, H.;PACHECO, A.; SILVA FILHO. Revisão/Atualização em Transplante Renal: Oxalato de cálcio em transplante renal. **Jornal Brasileiro de Nefrologia**. v. 19(4): p. 447-449.1997.

SANTOS, Alessandra Oliveira de Araújo. **Utilização de Nutrientes e Parâmetros de Fermentação Ruminal em Ovinos Recebendo Dietas com Altas Proporções de Palma Forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill)**. Recife: 2008. 49f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Departamento de Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife – PE.

SANTOS, K. L. L.; GUIM, A.; BASTISTA, Ângela, M. V.; SOARES, P. C.; SOUZA, E. J. O.; ARAÚJO, R. F. S. S. Balanço de macrominerais em caprinos alimentados com palma forrageira e casca de soja. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. v.10, n.3, p 546-559 jul/set, 2009.

SCHRIER, R. W.; WANG, W.; POOLE, B, MITRA, A. Acute renal failure: definitions, diagnosis, pathogenesis, and therapy. **Journal of Clinical Investigation**, v. 114, n. 1, p. 5, 2004.

DOI: 10.1172/JCI200422353.

SILVA NETO, Izildo Ferreira. **Resposta metabólica da Associação da Palma Miúda (*Nopalea conchennillfera*) Com feno de maniçoba (*Manihot pseudoglaziovii*) e feno de capim tifton 85 (*Cynodon dactylon*) na alimentação de ovinos morada nova e de caprinos moxotó**. 2011. 69 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Sanidade e Reprodução de Ruminantes) Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Medicina Veterinária, Garanhuns, 2011.

SILVA, Tomás Guilherme Pereira. **Histomorfometria do epitélio ruminal e reticular de ovinos alimentados com dietas baseadas em palma forrageira** / Tomás Guilherme Pereira da Silva. – 2017. 58 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife, BR-PE, 2017.

SILVA, Wanderson Alves. **Atributos químico-bromatológicos, cinética de degradação e produção de gás de variedades de palma forrageira**. 2016. 67f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns, 2016.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, v.70, p.3562-3577, 1992.  
DOI: 10.2527/1992.70113562x.

SOARES, Rafael Farias. **Ovinos e Caprinos Terminados em Caatinga Enriquecida: 1. Efeito do Pastejo na Vegetação Herbácea; 2. Efeito da Suplementação no Desempenho Animal**. 2012. 67 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Centro de Saúde e Tecnologia Rural-CSTR, programa de Pós-graduação em Zootecnia-PPGZ, Universidade Federal de Campina Grande, Patos, Paraíba, 2012.

SOUSA Francinilda Alves. **Desempenho de cabritos alimentados com variedades de palma forrageira resistente a cochonilha do carmim**. 2015. 81 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). – Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2015.

SOUZA, D. M.; BASSINELLO, P. Z.; NÓBREGA, L. N. N. Metodologia Científica: Aperfeiçoamento metodológico para digestão assistida via micro-ondas na análise mineral de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris L.*) **Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado Técnico**. Santo Antônio de Goiás, Goiás. ISSN 1678-961X Dezembro, 2010.

SOUZA, Larissa L. **Fornecimento intermitente de água para ovinos, em confinamento, no semiárido pernambucano.** 2014. 40f. Il.; 29 cm. Dissertação (Pós Graduação em Ciência Animal) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus de Ciências Agrárias, Petrolina 2014.

SUTTLE, N. F. **Mineral nutrition of livestock.**Cabi, 2010.

SZENTMIHALYI, K.; KERY, A.; THEN, M., LAKATOS, B., SANDOR, Z., VINKLER, P. Potassium–Sodium Ratio for the Characterization of Medicinal Plant Extracts with Diuretic Activity. **Phytotherapy Research**, v. 12, p. 163–166, 1998. DOI: 10.1002/(SICI)1099-1573(199805)12:3<163::AID-PTR217>3.0.CO;2-Y

TAKAYAMA, T.; FUJITA, K.; SUZUKI, K.; SAKAGUCHI, M.; FUJIE, M.; NAGAI, E.; WATANABE, S.; ICHIYAMA, A.; OGAWA, Y. Control of oxalate formation from L-hydroxyproline in liver mitochondria. **Journal of the American Society of Nephrology**, v. 14, n. 4, p. 939-946, 2003. DOI: 10.1097/01.ASN.0000059310.67812.4F

TEIXEIRA, L.; GONZÁLEZ, F. H. D. Indicadores bioquímicos da função renal. Seminário apresentado na disciplina **Bioquímica do tecido animal.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013. Disponível no site: [www.ufrgs.br/lacvet/?page-id=1487](http://www.ufrgs.br/lacvet/?page-id=1487). 20/10/2017.

UNDERWOOD, E. J.; SUTTLE, N. F. **The mineral nutrition of livestock.**Cabi, 1999.

VASCONCELOS, A. G. V.; LIRA, M. A.; CAVALCANTI, V. L. B.; SANTOS, M. V. F.; WILLADINO, L. Seleção de clones de palma forrageira resistentes à cochonilha-do-carmim (*Dactylopiu spp*). **Revista Brasileira de Zootecnia**. V. 38, n.5, p.827-831, 2009.

VASCONCELOS, Andréa Guimarães Vieira. **Resistência a cochonilha do carmim em clones de palma forrageira.** 2011. 70 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento em Zootecnia – Recife – PE, 2011.

VIEIRA, E. L.; BATISTA, A. M. V.; GUIM, A.; CARVALHO, F. F.; NASCIMENTO, A. C.; ARAÚJO, R. F. S.; MUSTAFA, A. F. Effects of hay inclusion on intake, *in vivo* nutrient utilization and ruminal fermentation of goats fed spineless cactus (*Opuntia ficus indica* Mill) based diets. **Animal Feed Science and Technology**. v. 141, p. 199 – 208, 2008.

DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2007.05.031

WANDERLEY, W. L.; FERREIRA, M. A.; ANDRADE, D. K. B.; VÉRAS, A. S. C.; FARIAS, I.; LIMA, L. E.; DIAS, A. M. A. Palma Forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em Substituição à Silagem de Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) na Alimentação de Vacas Leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.273-281, 2002.

WARD, G.; HARBERS, L. H.; BLAHA, J.J. Calcium-Containing Crystals in Alfalfa: Their Fate in Cattle. **Journal of Dairy Science**. V. 62, n. 5, p. 715 –722, 1979.

DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(79\)83314-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(79)83314-7)

WILLIAMS, H. E. Oxalic acid and the hyperoxaluric syndromes. **Kidney International**. v. 13, p. 410 – 417, 1978.

DOI: <https://doi.org/10.1038/ki.1978.59>

WITTWER, F. M. M. V.; CONTRERAS, P. A. M. V. Diagnóstico dos desequilíbrios metabólicos de energia em rebanhos bovinos; Indicadores do metabolismo protéico utilizados nos perfis metabólicos de rebanhos. In: **Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais**. Editado por Félix H. D. González... [et al.]. – Porto Alegre, 2000.P. 9 – 30.